

Inteligência artificial e COVID-19

Andréa Jesus dos Santos¹

Daniela Santos Almeida²

Everton Mendonça de Jesus³

Juracy Bertoldo dos Santos Junior⁴

Mirlei Moura da Silva⁵

Marcos Ennes Barreto⁶

-
- ¹ Mestranda em Ciência da Computação pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PGCOMP) da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Instituição de atuação: AtylmoLab da UFBA, Serviço Federal de Processamento de Dados (Serpro).
 - ² Mestranda em Ciência da Computação pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PGCOMP) da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Instituição de atuação: AtylmoLab da UFBA.
 - ³ Doutorando em Ciência da Computação pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PGCOMP) da Universidade Federal da Bahia (UFBA), mestre em Ciência da Computação. Instituição de atuação: AtylmoLab da UFBA.
 - ⁴ Mestre em Ciência da Computação pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PGCOMP) da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Instituição de atuação: AtylmoLab da UFBA e Instituto de Saúde Coletiva (ISC-UFBA).
 - ⁵ Doutoranda em Ciência da Computação pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PGCOMP) da Universidade Federal da Bahia (UFBA), mestre em Ciência da Computação pela PGCOMP da UFBA. Instituição de atuação: AtylmoLab da UFBA.
 - ⁶ Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Especialização e pós-doutorado em Health Data Science (University College London, UK, 2016-2018). Instituição de atuação: AtylmoLab da Universidade Federal da Bahia (UFBA), Department of Statistics, London School of Economics and Political Science (UK).

SANTOS, A. J. dos; ALMEIDA, D. S.; JESUS, E. M. de; SANTOS JUNIOR, J. B. dos; SILVA, M. M. da; BARRETO, M. E. *Inteligência artificial e COVID-19*. In: BARRETO, M. L.; PINTO JUNIOR, E. P.; ARAGÃO, E.; BARRAL-NETTO, M. (org.). *Construção de conhecimento no curso da pandemia de COVID-19: aspectos biomédicos, clínico-assistenciais, epidemiológicos e sociais*. Salvador: Edufba, 2020. v. 2. DOI: <https://doi.org/10.9771/9786556300757.009>

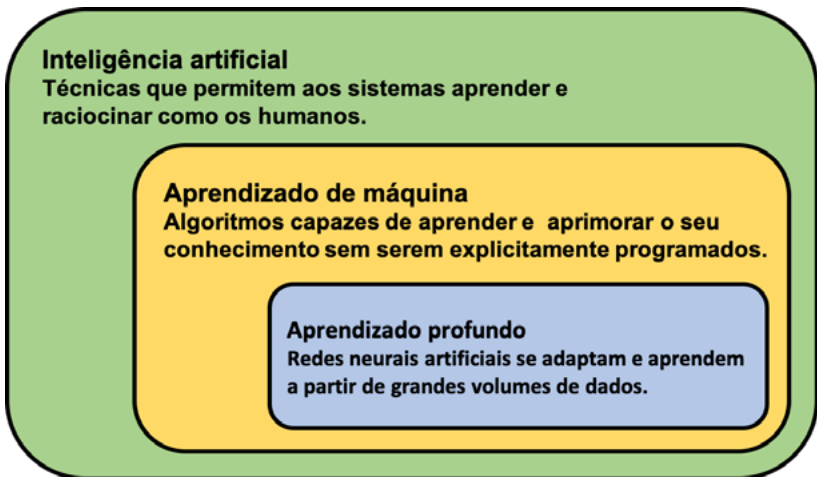
Conceitos gerais de Inteligência Artificial

Inteligência Artificial (IA) é uma área de pesquisa e desenvolvimento na qual se busca identificar como o raciocínio humano, empregado rotineiramente em tarefas de percepção, entendimento, predição e manipulação, pode ser modelado e aplicado na construção de sistemas inteligentes. (RUSSELL, 2020) A maior parte do progresso observado em IA, desde o seu surgimento por volta de 1950, está associado ao desenvolvimento de sistemas com inteligência “restrita”, os quais são desenvolvidos e treinados para executar tarefas específicas – por exemplo, veículos autônomos, sistemas médicos e financeiros, segurança e monitoramento –, em vez de sistemas de inteligência “genérica”, os quais presumidamente podem executar qualquer tarefa que o ser humano realiza. (NG, 2020)

Da mesma forma que o raciocínio humano é complexo, a área de IA emprega um vasto conjunto de formalismos, modelos e ferramentas para permitir que sistemas ajam de forma inteligente. Essa complexidade e diversidade resultam em diferentes subdomínios, tais como lógica e raciocínio sob incerteza, agentes inteligentes, aprendizado de máquina e redes neurais. (ERTEL,

2017) A Figura 1 ilustra alguns destes subdomínios: aprendizado de máquina (*machine learning*) incorpora modelos capazes de aprender a partir dos dados e das interações com os ambientes nos quais estão inseridos. O aprendizado profundo (*deep learning*) é uma categoria específica de aprendizado de máquina na qual redes artificiais imitando os neurônios são capazes de aprender, geralmente a partir de grandes volumes de dados, e de autoajustarem seus parâmetros de funcionamento a partir da avaliação do seu aprendizado.

Figura 1 – Recorte de subdomínios da IA



Fonte: adaptada de Goodfellow, Bengio e Courville (2016).

O aprendizado de máquina pode ocorrer de forma supervisionada, não supervisionada, por reforço ou por transferência. No aprendizado “supervisionado”, o modelo aprende a fazer o mapeamento de um conjunto de dados de entrada (A) para uma determinada saída (B), como por exemplo: classificação de *e-mails*

como *spam* ou não, tradução de um idioma para outro, reconhecimento de fala – mapeamento de áudio para texto – e detecção de objetos em imagens. Nesse tipo de aprendizado, os modelos são treinados a partir de dados rotulados – ou seja, dados para os quais o mapeamento $A \Rightarrow B$ é conhecido –, sendo depois aplicados e validados em novos conjuntos de dados para os quais não se conhece esse mapeamento.

No aprendizado “não supervisionado”, os dados não são rotulados e os modelos aprendem observando similaridades – padrões – e diferenças entre os dados. A aplicação mais comum desse tipo de modelo é no agrupamento de dados, como por exemplo: segmentação de clientes em diferentes categorias ou detecção de fraudes – ou anomalias – em transações financeiras. O aprendizado “por reforço” engloba uma classe de modelos que aprendem a partir da interação com o ambiente em que atuam. Dependendo do estado em que o modelo se encontra e da ação que ele executa, uma recompensa – positiva ou negativa – é atribuída e um novo estado é definido. O objetivo geral desse tipo de modelo é maximizar a recompensa recebida ao longo da sua execução. Sistemas autônomos e de robótica são exemplos desse tipo de modelo.

Por fim, o aprendizado “por transferência” engloba um conjunto de modelos nos quais o conhecimento adquirido por um modelo ao resolver um problema é armazenado e posteriormente transferido para um novo modelo encarregado de resolver um problema similar. Essa transferência minimiza ou elimina a necessidade de treinamento do novo modelo, ao mesmo tempo em que permite um aprimoramento desse conhecimento. Tipicamente, aplicações de processamento de imagens se encaixam nesse cenário, nas quais se pode treinar um modelo para a detecção de automóveis e transferir esse aprendizado para uma aplicação de detecção de caminhões, por exemplo.

No aprendizado profundo de Goodfellow, Bengio e Courville (2016), os modelos adotam a estrutura de uma rede neural artificial. Um “neurônio” é basicamente uma função matemática que realiza o mapeamento $A \Rightarrow B$. Por exemplo, dado o preço de um produto (A), o modelo estima a demanda (B). As redes neurais podem conter uma sequência de camadas, cada uma composta por diferentes quantidades de neurônios e cada neurônio recebendo diferentes conjuntos de entrada (A) e gerando diferentes saídas (B). Os casos mais típicos da aplicação de redes neurais artificiais envolvem o processamento de imagens em tarefas de classificação (diagnóstico médico) e detecção (de objetos e pessoas), geralmente a partir de grandes quantidades de dados.

O Quadro 1 sumariza os principais modelos empregados em cada uma dessas categorias de aprendizado de máquina e suas finalidades.

Quadro 1 – Modelos de IA segundo o tipo de aprendizado empregado

Categoria de aprendizado	Modelos
Supervisionado	Regressão linear, regressão logística, máquinas de vetores de suporte (SVM), classificador Bayesiano, árvores de decisão, análise de discriminantes lineares, k-Nearest Neighbors (KNN), redes neurais.
Não-supervisionado	Agrupamento (<i>clustering</i>), detecção de anomalias, redes neurais, modelos de variáveis latentes.
Por reforço	Modelos Markovianos, métodos de Monte Carlo, diferenças temporais, redes neurais recorrentes (RNN), redes neurais convolucionais (CNN).
Por transferência	Inception-v3, ResNet, AlexNet, outros modelos baseados em redes neurais convolucionais (CNN).
Profundo	Redes neurais recorrentes (RNN), redes neurais convolucionais (CNN), modelos generativos (Boltzmann, GAN, <i>deep belief</i>).

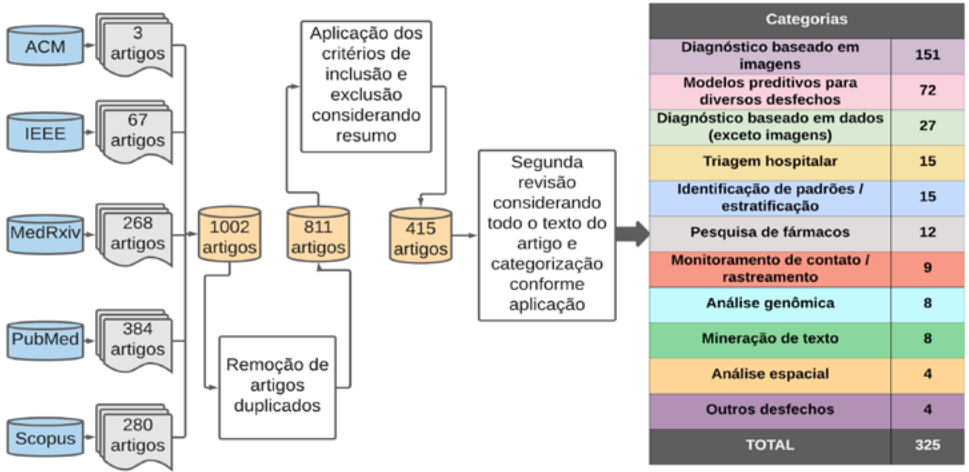
Fonte: elaborada pelos autores.

Este capítulo apresenta trabalhos enfocando o uso prático de modelos de IA no contexto da COVID-19. Assim, os critérios adotados para a seleção dos trabalhos são descritos na seção “Metodologia de pesquisa”; os trabalhos são apresentados na seção “Principais aplicações da Inteligência Artificial no contexto da Covid-19”, de acordo com a categoria de aplicação, com destaque para os modelos de IA empregados em cada categoria; e, por sua vez, uma síntese do capítulo, incluindo a relação de todos os trabalhos analisados, encontra-se na última seção.

Metodologia de pesquisa

O fluxo descrito na Figura 2 foi executado para o levantamento das contribuições. As bases de dados da Association for Computing Machinery (ACM), do Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), PubMed, Scopus e MedRxiv foram consultadas, usando os critérios de busca descritos no Quadro 2. Os trabalhos recuperados foram então processados para remoção de duplicatas e obtenção de versões mais recentes daqueles trabalhos com múltiplas versões. Os critérios de inclusão e exclusão foram aplicados, garantindo que somente trabalhos enfocando COVID-19 e uso prático de modelos de IA – incluindo resultados e análise – fossem considerados. Ao final, os trabalhos foram categorizados de acordo com a aplicação.

Figura 2 – Fluxo de revisão empregado para a concepção deste capítulo



Fonte: elaborada pelos autores.

Quadro 2 – Bases de dados, critérios de busca, inclusão e exclusão de trabalhos

Bases de dados	Critério (<i>string</i>) de busca	Quantidade de trabalhos
ACM	<pre>"query": { Title:(("covid*19" OR "covid19" OR "sars*cov*2" OR "sarscov2" OR "novel coronavirus" OR "coronavirus disease 2019" OR "ncov" OR "sars2" OR "sars*2" OR "2019 novel coronavirus" OR "coronavirus disease-19" OR "2019-nCoV" OR "severe acute respiratory syndrome coronavirus 2") AND ("deep learning" OR "cluster*" OR "artificial intelligence" OR "machine learning" OR "neural network*" OR "natural language processing" OR "nlp")) AND Abstract:(("covid*19" OR "covid19" OR "sars*cov*2" OR "sarscov2" OR "novel coronavirus" OR "coronavirus disease 2019" OR "ncov" OR "sars2" OR "sars*2" OR "2019 novel coronavirus" OR "coronavirus disease-19" OR "2019-nCoV" OR "severe acute respiratory syndrome coronavirus 2") AND ("deep learning" OR "cluster*" OR "artificial intelligence" OR "machine learning" OR "neural network*" OR "natural language processing" OR "nlp")) } "filter": { Media Format: PDF, Publication Date: (11/01/2019 TO 07/31/2020), ACM Content: DL, NOT VirtualContent: true }</pre>	3

Bases de dados	Critério (<i>string</i>) de busca	Quantidade de trabalhos
IEEE	<p>((("Abstract": "covid*19" OR "covid19" OR "sars*cov*2" OR "sarscov2" OR "novel coronavirus" OR "coronavirus disease 2019" OR "ncov" OR "sars2" OR "sars*2") AND ("Abstract": "deep learning" OR "clustering" OR "artificial intelligence" OR "machine learning" OR "neural network*" OR "natural language processing" OR "nlp")) ((("Abstract": "covid*19" OR "covid19" OR "sars*cov*2" OR "sarscov2" OR "novel coronavirus" OR "coronavirus disease 2019" OR "ncov" OR "sars2" OR "sars*2" OR "2019 novel coronavirus" OR "coronavirus disease-19" OR "2019-nCoV" OR "severe acute respiratory syndrome coronavirus 2") AND ("Abstract": "deep learning" OR "clustering" OR "artificial intelligence" OR "machine learning" OR "neural network*" OR "natural language processing" OR "nlp"))OR(("Title": "covid*19" OR "covid19" OR "sars*cov*2" OR "sarscov2" OR "novel coronavirus" OR "coronavirus disease 2019" OR "ncov" OR "sars2" OR "sars*2")AND ("Title": "deep learning" OR "clustering" OR "artificial intelligence" OR "machine learning" OR "neural network*" OR "natural language processing" OR "nlp")) Filtros aplicados: 2019 - 2020</p>	67
Scopus	<p>ABS ("COVID-19" OR "2019 novel coronavirus" OR "COVID19" OR "coronavirus disease 2019" OR "coronavirus disease-19" OR "2019-nCoV" OR "severe acute respiratory syndrome coronavirus 2" OR "SARS-CoV-2" OR "SARS2") AND ABS ("deep learning" OR "clustering" OR "artificial intelligence" OR "machine learning" OR "neural network*" OR "natural language processing" OR "nlp") AND PUBYEAR > 2018 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE, "re") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "cp")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English"))</p>	280
PubMed	<p>("2019/11/01"[Date - Publication] : "2020/07/31" [Date - Publication]) AND ((("covid*19"[Title/Abstract] OR ("covid19" [Title/Abstract] OR ("sars*cov*2" [Title/Abstract] OR (sarscov2[Title/Abstract]))) OR (novel coronavirus[Title/Abstract]) OR (coronavirus disease 2019[Title/Abstract] OR (ncov[Title/Abstract] OR (sars2[Title/Abstract]) OR ("sars*2"[Title/Abstract])) AND ((deep learning[Title/Abstract] OR (clustering[Title/Abstract] OR (artificial intelligence[Title/Abstract] OR (machine learning[Title/Abstract] OR ("neural network*" [Title/Abstract] OR (natural language processing[Title/Abstract] OR (nlp[Title/Abstract]))</p>	384

Bases de dados	Critério (<i>string</i>) de busca	Quantidade de trabalhos
MedXriv	<p>topico1 = "(?i)covid-19", "(?i)COVID19", "(?i)2019 novel coronavirus infection", "(?i) coronavirus disease 2019", "(?i)2019-nCoV disease", "(?i)2019-nCoV infection", "(?i)severe acute respiratory syndrome coronavirus", "(?i)SARS-CoV-2", "(?i)2019-nCoV", "(?i)SARS-COVID-19", "SARS2", "(?i)novel coronavirus" topico2 = "(?i)deep learning", "(?i)clustering", "(?i)artificial intelligence", "(?i)machine learning", "(?i) neural network*", "(?i)natural language processing", "(?i)nlp"Obs.: cada tópico é combinado internamente com OU (OR). Diferentes tópicos são combinados com E (AND). A busca foi realizada no título e no resumo (<i>abstract</i>).</p>	268

Fonte: elaborada pelos autores.

Principais aplicações da Inteligência Artificial no contexto da COVID-19

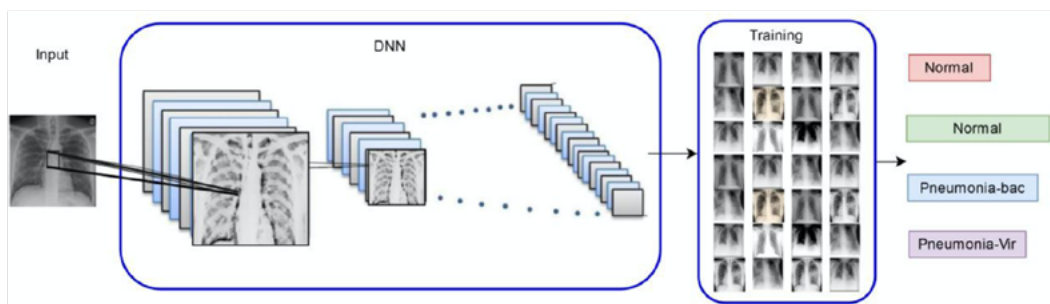
No contexto da pandemia de COVID-19, a IA tem sido usada como uma importante ferramenta para diversas finalidades, as quais incluem o apoio ao diagnóstico da doença, a concepção de modelos de predição, o suporte à pesquisa clínica, epidemiológica e de fármacos, bem como apoio para a tomada de decisões e ações de combate à pandemia. Esta seção sumariza os principais usos da IA no contexto da COVID-19.

Diagnóstico baseado em imagem

O diagnóstico baseado por imagem é uma abordagem consolidada em diversas áreas do conhecimento. Na área da saúde, nossa revisão identificou uma quantidade significativa de trabalhos (151) empregando imagens de raio-X e tomografia computadorizada para o diagnóstico de infecções respiratórias e outros desfechos associados à COVID-19.

Neste tipo de aplicação, imagens de raio-X e tomografia computadorizada são analisadas por modelos de aprendizado profundo (*deep learning*), a maior parte deles sendo Redes Neurais Convolucionais (CNNs), para a identificação de padrões específicos – por exemplo, sinais de tumores, regiões mais claras ou escuras, desvios em tecidos e artérias etc. – do desfecho que se quer diagnosticar. A Figura 3 ilustra o fluxo básico de uso de redes neurais para o processamento de imagens – nesse exemplo, a classificação de imagens de raio-X em relação aos desfechos normal, pneumonia viral, pneumonia bacteriana e COVID-19.

Figura 3 – Exemplo do uso de CNN para processamento de imagem médica

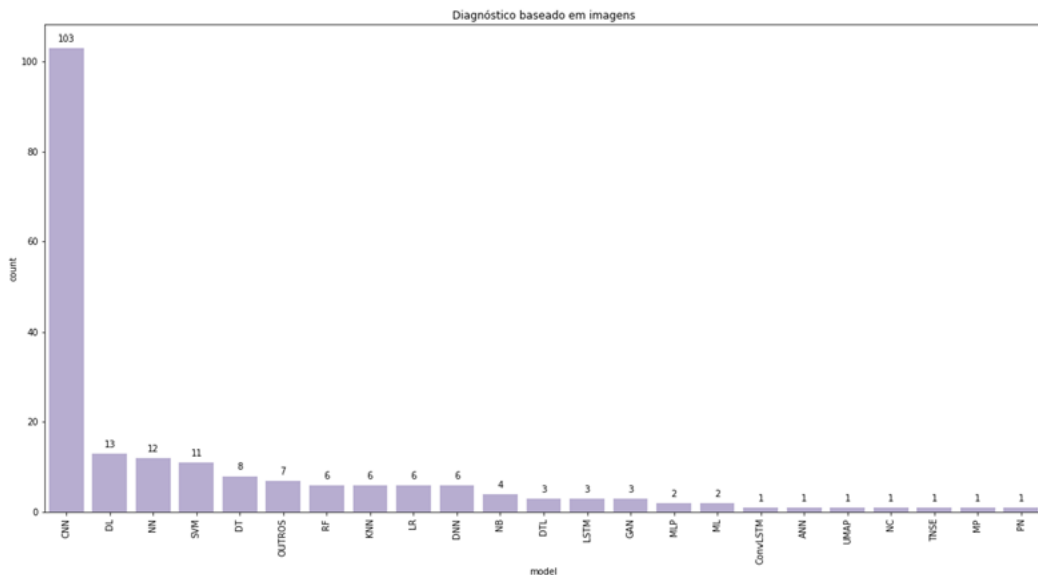


Fonte: Khan, Shah e Bhat (2020, p. 3).

As CNNs calculam probabilidades de a imagem conter ou não cada uma das categorias consideradas no desfecho em questão, com base no conjunto de padrões encontrados ou não naquela imagem. Dessa forma, os modelos baseados em CNNs são muito úteis e altamente eficazes para o apoio ao diagnóstico.

Além de CNNs, outros modelos de IA vêm sendo empregados para o diagnóstico baseado em imagem, conforme sumariza a Figura 4.

Figura 4 – Principais modelos de IA usados para diagnóstico baseado em imagem



Fonte: elaborada pelos autores.

Nota: Convolutional Neural Networks (CNN); Deep Learning (DL); Neural Networks (NN); Support Vector Machines (SVM); Decision Trees (DT); Random Forest (RF); K-Nearest Neighbours (KNN); Logistic Regression (LR); Deep Neural Networks (DNN); Naïve Bayes (NB); Deep Transfer Learning (DTL); Long Short-Term Memory (LSTM); Generative Adversarial Networks (GAN); Multilayer Perceptron (MLP/MP); Machine Learning (ML); Convolutional LSTM (ConvLSTM); Artificial Neural Networks (ANN); UMAP clustering (UMAP); Nearest Centroid (NC); T-NSE Clustering (TNSE); e Perceptron Networks (PN).

Modelos preditivos para desfechos diversos

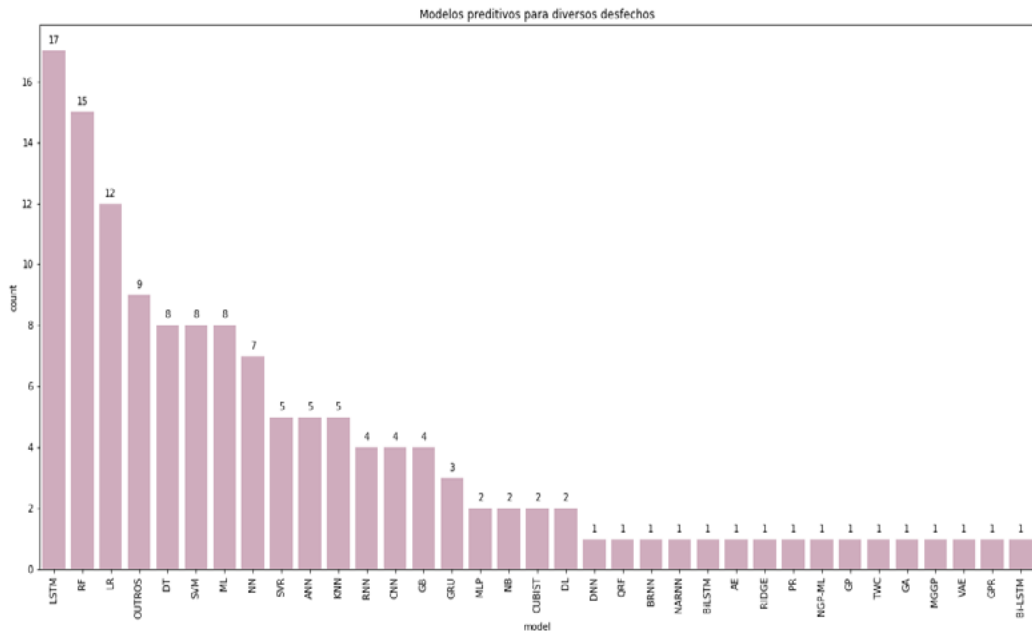
Os trabalhos enfocando modelos preditivos objetivam identificar o comportamento futuro de um determinado desfecho com base em dados históricos – séries temporais, por exemplo – ou

na combinação de variáveis ditas “preditoras”, as quais influenciam no desfecho em estudo de acordo com um respectivo peso. Esse peso pode ser atribuído manualmente, por especialistas no domínio (desfecho) em questão, ou calculados a partir de métodos estatísticos.

Nesta categoria, foram encontrados 72 trabalhos e a maior parte refere-se à previsão do número de casos de COVID-19 em diferentes países – Alemanha, Austrália, Brasil, China, Espanha, Estados Unidos, França, Índia, Irã, Itália, México, Peru, Reino Unido, Rússia, Turquia, entre outros. Também foram identificados trabalhos que buscam prever o risco de contágio, o número de pessoas recuperadas e o comportamento global da pandemia.

A Figura 5 apresenta os principais modelos utilizados nas predições, com predominância do modelo LSTM (*Long short-term memory*). É importante ressaltar que o modelo LSTM é uma arquitetura de Rede Neural Recorrente (RNN) que apresenta memória de curto e longo prazo favorecendo o seu uso em predições. Além de LSTM, a maior parte dos trabalhos empregam modelos supervisionados (*random forest*, *decision tree*, *support vector machines* e *logistic regression*), os quais são mais adequados para a tarefa de predição em razão da possibilidade de treinamento a partir de dados rotulados, apresentando, assim, maior acurácia.

Figura 5 – Principais modelos de IA usados em modelos preditivos para diversos desfechos



Fonte: elaborada pelos autores.

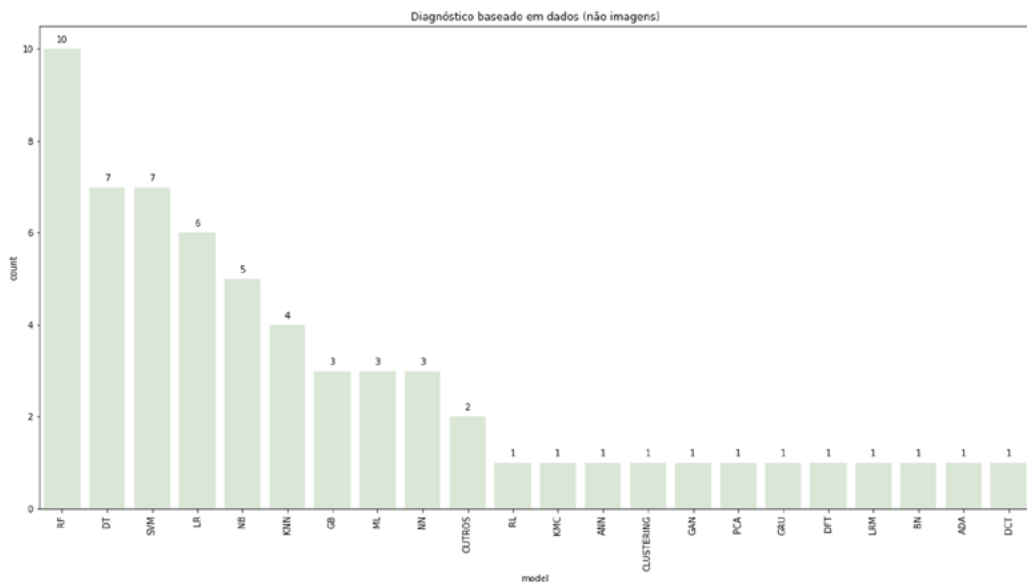
Diagnóstico baseado em outros dados (exceto imagens)

De forma semelhante ao diagnóstico baseado por imagem, outros dados podem ser usados para apoiar o diagnóstico da COVID-19 e desfechos associados. Neste estudo, foram identificados 27 trabalhos utilizando diferentes tipos de dados, tais como hemograma, secreção nasal e plasma.

A Figura 6 sumariza os principais modelos usados nesta categoria de aplicação, com predominância de modelos de classificação (*random forest*, *decision trees* e *support vector machines*).

Dependendo do tipo de dado utilizado, os modelos analíticos são ajustados para testar diferentes combinações de variáveis (*features*) e seus respectivos pesos a fim de gerar escores ou probabilidades para cada desfecho de interesse.

Figura 6 – Principais modelos de IA usados para diagnóstico baseado em outros dados (exceto imagem)



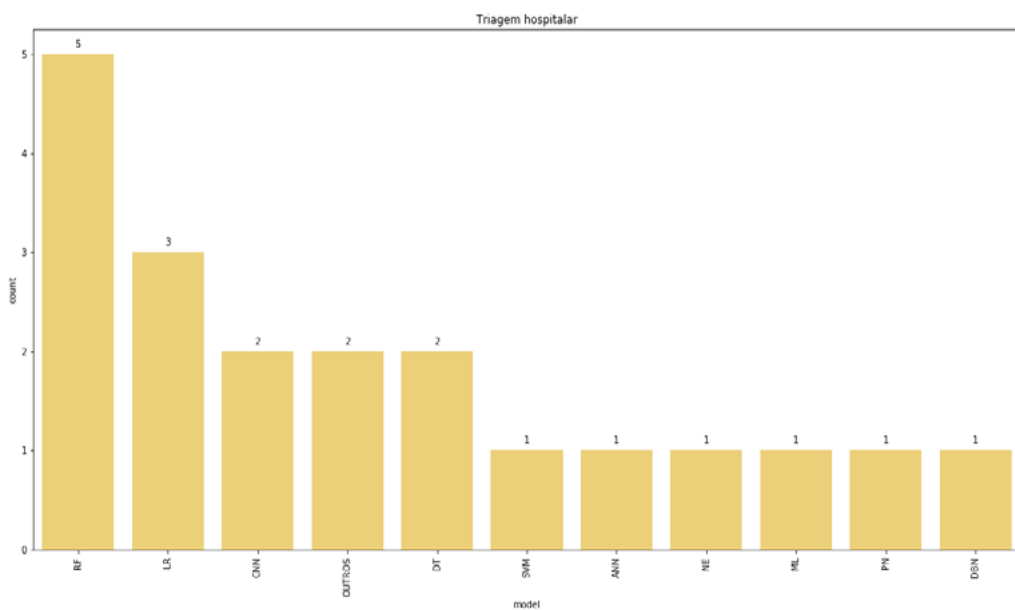
Fonte: elaborada pelos autores.

Triagem e estratificação

Nesta categoria, foram encontrados 30 trabalhos no total, 15 em cada subcategoria. Os trabalhos em triagem utilizam modelos de IA para identificar a gravidade do paciente com COVID-19 e assim proceder ao atendimento clínico/hospitalar adequado. Dessa forma, a equipe hospitalar tem apoio na tomada de decisão ao

priorizar pacientes com risco de desfechos mais graves, inclusive morte. A Figura 7 apresenta os principais modelos utilizados para triagem, com predominância de modelos supervisionados.

Figura 7 – Principais modelos de IA usados em modelos de triagem hospitalar



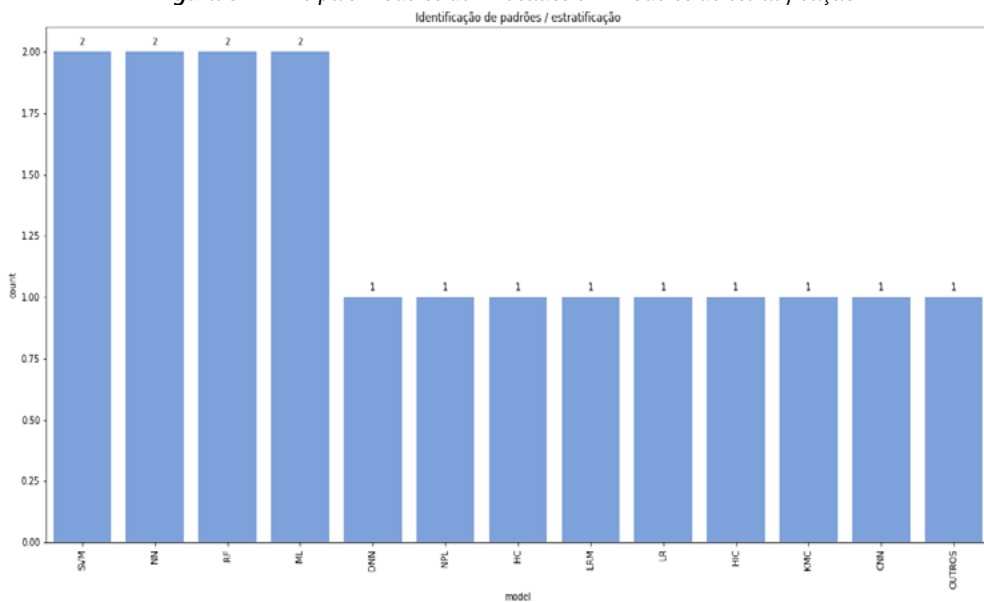
Fonte: elaborada pelos autores.

Na estratificação, a ideia básica é separar os dados em diferentes grupos de forma que os dados em um determinado grupo apresentem características semelhantes entre si e, ao mesmo tempo, bastante diferentes dos dados pertencentes a outros grupos. Modelos de agrupamento são frequentemente usados para essa finalidade, principalmente quando a estrutura dos dados e o número de grupos resultantes não são conhecidos. Porém,

modelos supervisionados também são empregados para a estratificação. Por exemplo, determinar se uma pessoa vai desenvolver um determinado desfecho ou não, utilizando modelos que classifiquem cada pessoa como pertencente a um dos grupos de desfecho de interesse.

A Figura 8 apresenta os principais modelos identificados nesta categoria. Observa-se uma predominância intercalada entre modelos supervisionados (*support vector machines* e *random forest*) e modelos de aprendizado profundo (*convolutional neural networks*), a qual se justifica pela quantidade de variáveis (*features*) utilizadas pelos modelos para a tarefa de classificação (estratificação). Modelos de aprendizado profundo são capazes de analisar cenários com um grande número de variáveis e explorar de forma mais eficiente as diferentes combinações (e respectivos pesos) entre essas variáveis.

Figura 8 – Principais modelos de IA usados em modelos de estratificação



Fonte: elaborada pelos autores.

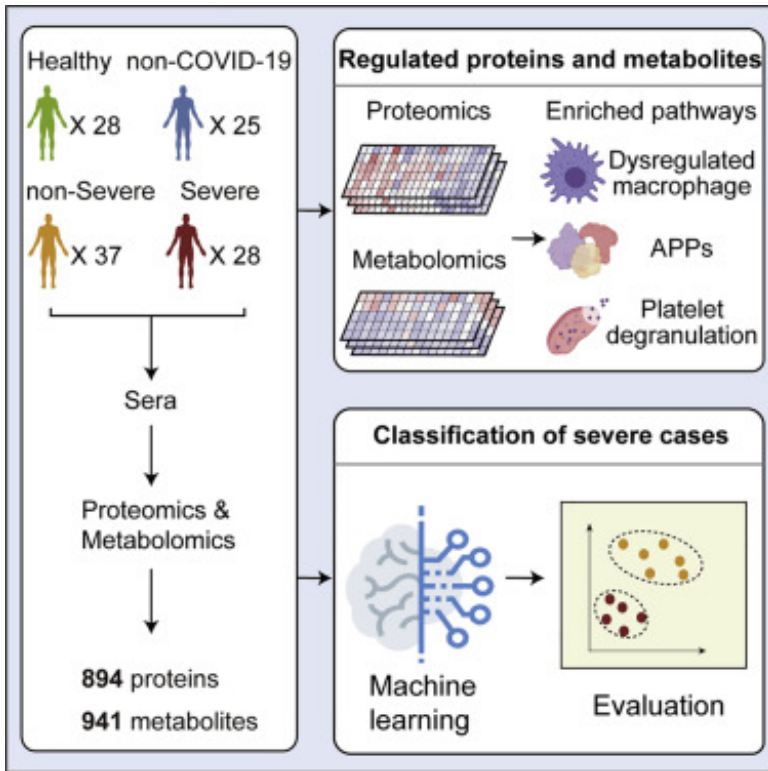
Triagem hospitalar

Nesta categoria, foram encontrados 15 trabalhos que fazem uso de modelos de IA e modelos multicritério para a tomada de decisão em diferentes contextos da triagem hospitalar. Os modelos foram empregados para:

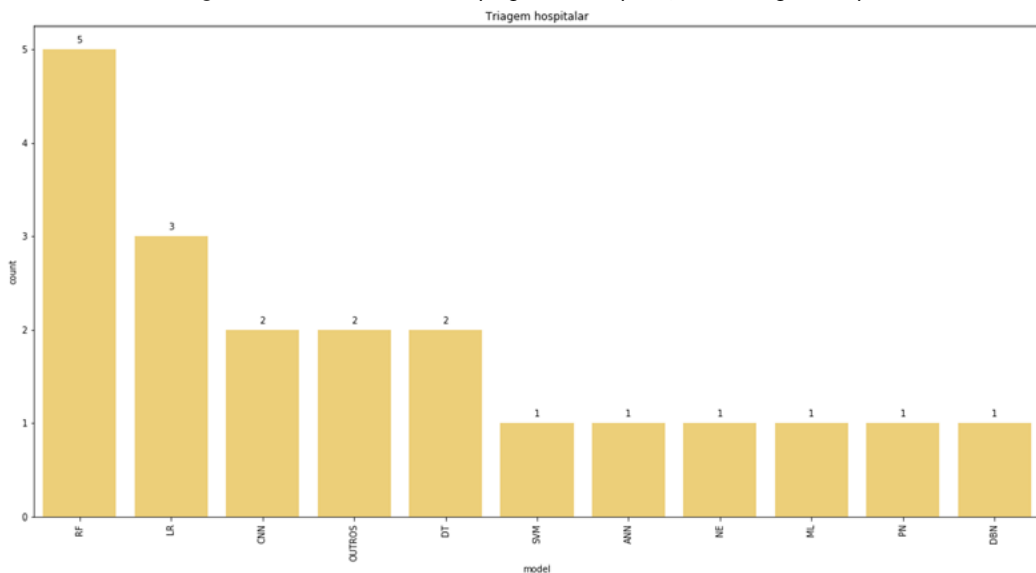
1. indicação de pacientes graves de COVID-19 aptos a receber transfusão de plasma de pacientes recuperados;
2. estratificação de pacientes graves de COVID-19 a partir de dados clínicos e exames de sangue e urina;
3. estabelecimento de perfis proteômicos e metabolômicos de soros de pacientes com COVID-19 (conforme ilustrado na Figura 9), entre outros desfechos.

A Figura 10 ilustra os modelos de IA empregados nesses trabalhos. Uma vez que a triagem é majoritariamente uma tarefa de classificação (ou estratificação), observa-se uma predominância de modelos supervisionados (*random forest* e *logistic regression*). CNNs também são empregadas, principalmente em tarefas de triagem baseadas na análise de imagens.

Figura 9 – Triagem de pacientes a partir de perfis sorológicos



Fonte: Shen e demais autores (2020, p. 2).

Figura 10 – Modelos de IA empregados em aplicações de triagem hospitalar.

Fonte: elaborada pelos autores.

Análise genômica e pesquisa de fármacos

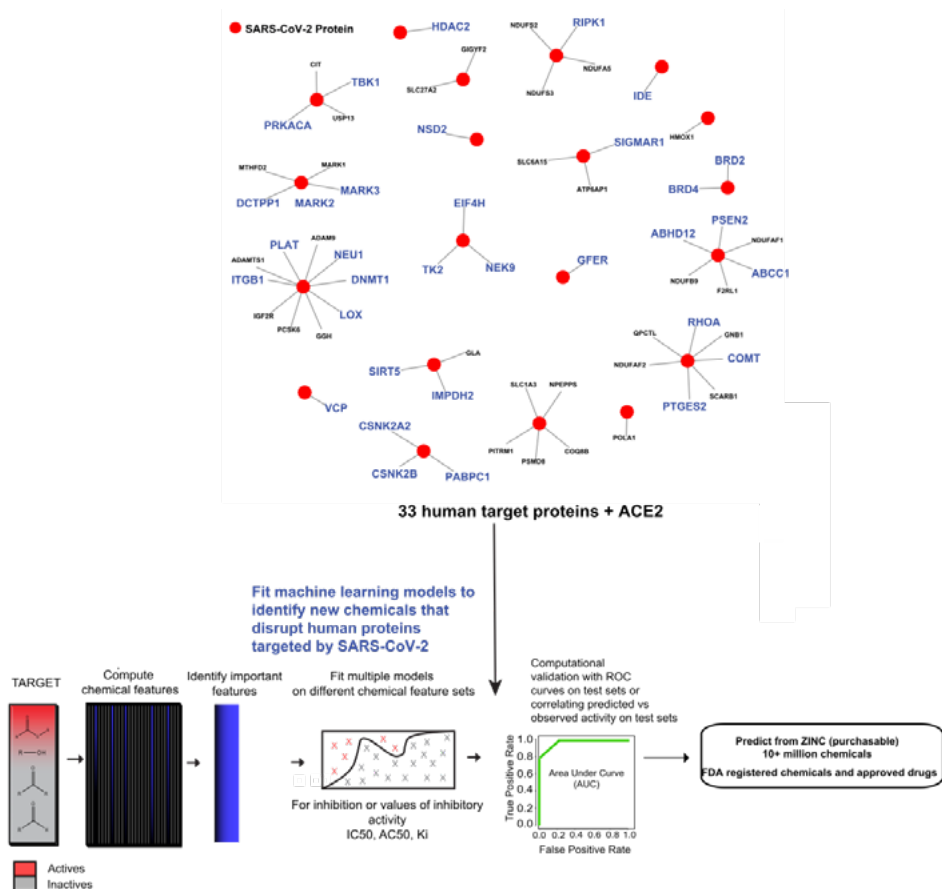
Nesta categoria, encontram-se trabalhos enfocando a análise molecular do vírus SARS-CoV-2, alguns deles comparando com outros tipos de vírus, bem como trabalhos relacionados à pesquisa e reposicionamento de fármacos, incluindo o desenvolvimento de vacinas. Neste estudo, foram identificados 8 e 12 trabalhos que aplicam modelos de IA para análise genômica e pesquisa de fármacos, respectivamente.

Na análise genômica, objetiva-se identificar a estrutura do vírus e compará-la com a estrutura de vírus semelhantes ou ainda entender como essa estrutura pode sofrer alterações (mutações) ao longo do tempo. Para este tipo de aplicação, modelos de IA para

classificação e predição são empregados para a análise e comparação de sequências de DNA, de variações estruturais e análise funcional de diferentes genomas (transcriptômica e proteômica).

Na pesquisa de fármacos, o principal objetivo é testar um conjunto de moléculas candidatas que podem apresentar um bom acoplamento às moléculas do vírus SARS-CoV-2 e, dessa forma, atuar como inibidores do desenvolvimento viral (conforme ilustrado na Figura 11).

Figura 11 – Uso de modelos de IA para análise de químicos que interagem com alvos SARS-CoV-2

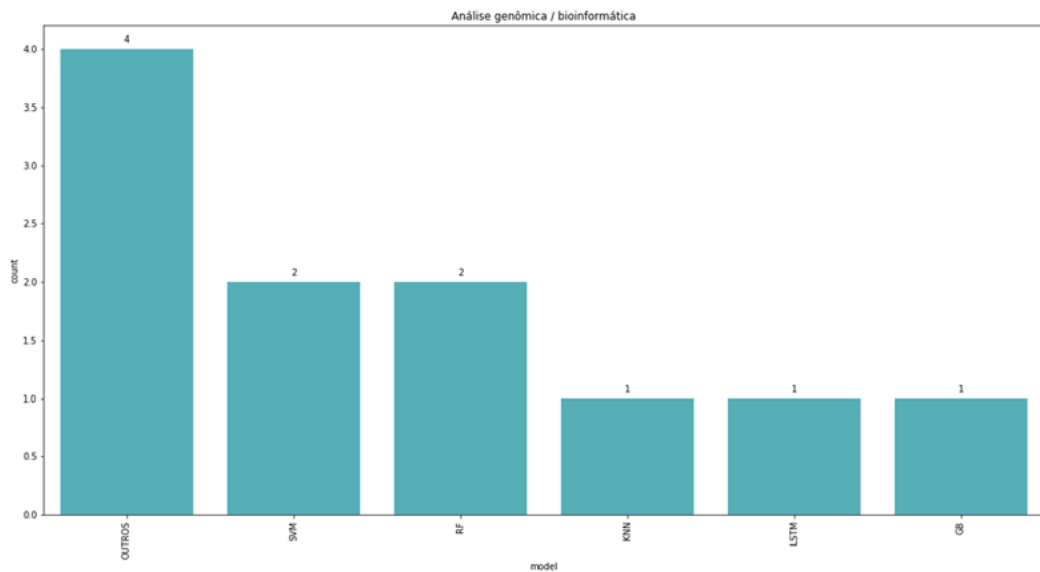


Fonte: adaptada de Kowalewski e Ray (2020, p. 3).

As Figuras 12 e 13 resumam os principais modelos usados em aplicações de análise genômica e pesquisa de fármacos. Pode-se observar uma grande variabilidade de modelos, o que

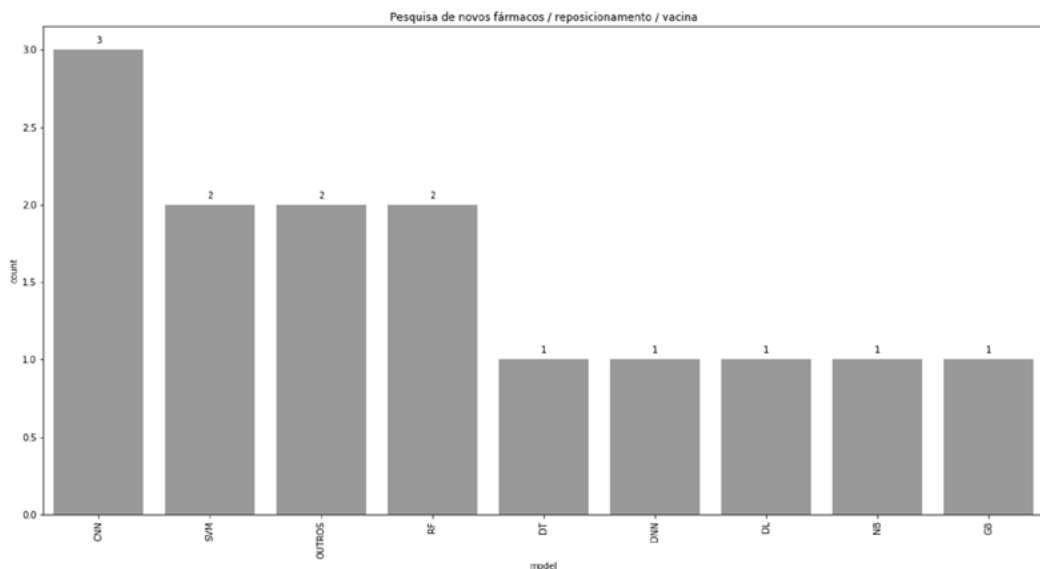
reflete a complexidade e os diversos desafios de pesquisa e desenvolvimento presentes nessas áreas.

Figura 12 – Principais modelos de IA usados em aplicações de análise genômica.



Fonte: elaborada pelos autores.

Figura 13 – Principais modelos de IA usados em aplicações de pesquisa de fármacos.



Fonte: elaborada pelos autores.

Monitoramento de contato e rastreamento

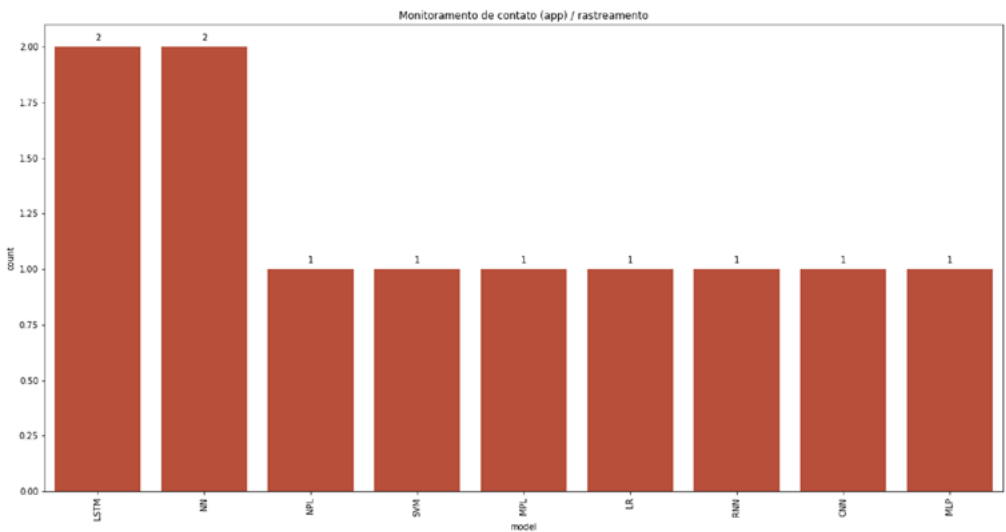
Nesta categoria, aparecem trabalhos que usam dados capturados através de diferentes tipos de sensores, tais como câmeras e sinalizadores do Sistema de Posicionamento Global (GPS), para identificar locais com indicação ou confirmação de casos de COVID-19. A partir desses dados, os modelos auxiliam na identificação de pessoas que estiveram em contato com pacientes de COVID-19 e que devem ser avisadas e monitoradas para uma possível transmissão da doença. Diversos aplicativos para dispositivos móveis foram desenvolvidos nesse contexto, no intuito de promover a

captação desses dados de contato e o estabelecimento de redes de monitoramento ativo por parte das pessoas.

Alguns trabalhos utilizam dados de sensores “vestíveis” (*wearable devices*) para o monitoramento ativo de pacientes. Por exemplo, dados de frequência cardíaca e ciclo circadiano foram combinados para a detecção de indícios de COVID-19 em um sistema de alerta. (ZHU et al., 2020) Outros trabalhos enfocam o uso de dados públicos de mobilidade e distanciamento social para mensurar os efeitos da quarentena na transmissão da doença, apoiados por modelos matemáticos – tal como SIR (HARKO; LOBO; MAK, 2014) – e de inteligência artificial.

A Figura 14 ilustra os modelos de IA empregados nos nove trabalhos selecionados. A diversidade desta categoria, com monitoramento e rastreamento aplicados a diversos contextos, se reflete na mistura de modelos supervisionados e de aprendizado profundo.

Figura 14 – Principais modelos de IA usados em aplicações de monitoramento e rastreamento de contato



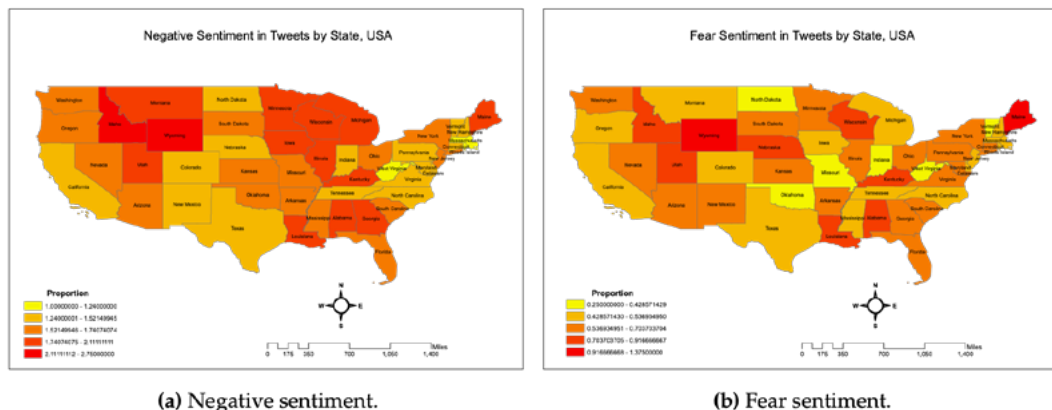
Fonte: elaborada pelos autores.

Mineração de texto

A mineração de texto está inserida na categoria de modelos para o processamento de linguagem natural (JURAFSKY; MARTIN, 2008) e enfoca o emprego de modelos e técnicas capazes de extrair informações a partir de dados não estruturados e descritos de forma “natural”, sem necessariamente seguir um jargão ou formato específico.

No contexto da COVID-19, observa-se o emprego de mineração textual em aplicações de telemedicina ou atendimento virtual, extração de dados textuais a partir de prontuários eletrônicos, assistentes virtuais – tais como *chatbots* – para triagem/diagnóstico ou monitoramento de pacientes, análise de sentimento em redes sociais (conforme ilustrado na Figura 15), entre outras aplicações.

Figura 15 – Exemplo de mineração textual aplicada a tweets para classificação de sentimento em redes sociais

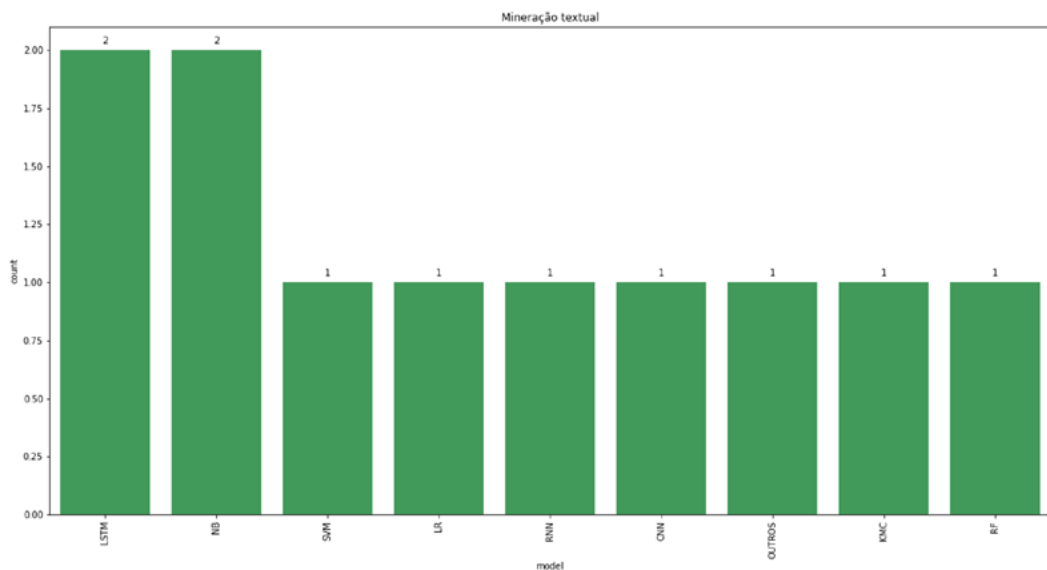


Fonte: Samuel e demais autores (2020, p. 6).

A Figura 16 sumariza os principais modelos empregados nos oito trabalhos selecionados neste estudo. Observa-se uma leve predominância de modelos supervisionados, visto que as técnicas de

mineração textual são frequentemente empregadas em tarefas de classificação – por exemplo, estratificação e análise de sentimento –, as quais demandam dados para treinamento.

Figura 16 – Principais modelos de IA usados em aplicações envolvendo mineração textual



Fonte: elaborada pelos autores.

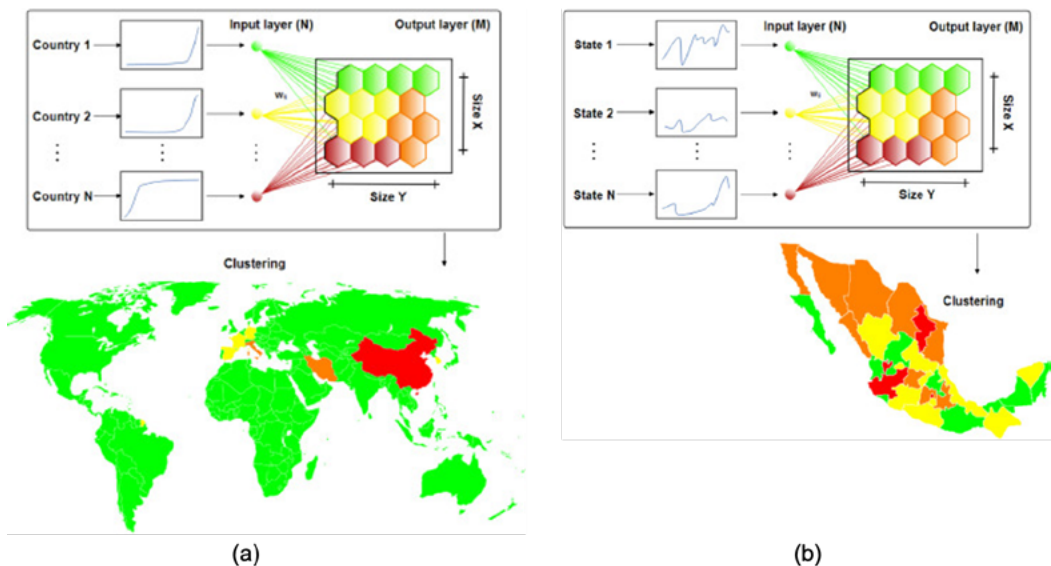
Análise espacial

Nesta categoria de aplicações, encontram-se trabalhos que fazem uso de modelos e ferramentas para análise espacial, nas quais os dados são geralmente representados em mapas e as análises levam em consideração diferentes aspectos, tais como área de cobertura de serviços médicos, áreas de contágio e população

diretamente afetada, medidas de distanciamento social *versus* número de casos e/ou óbitos, entre outros.

Neste estudo, foram identificados quatro trabalhos cujo foco principal está na exploração de modelos de análise espacial no contexto da COVID-19. Entretanto, observa-se que alguns trabalhos classificados em outras categorias também apresentam elementos de análise espacial combinados com outras técnicas. Dentre os quatro trabalhos selecionados, destaca-se o uso de mapas auto-organizáveis – *Self-Organizing Maps* (SOM) – como uma técnica de agrupamento (*clustering*) para o estabelecimento de padrões e correlações entre grupos distintos de dados. A Figura 17 ilustra o emprego de SOMs para a classificação de países e estados em diferentes categorias relativas à prevalência de COVID-19.

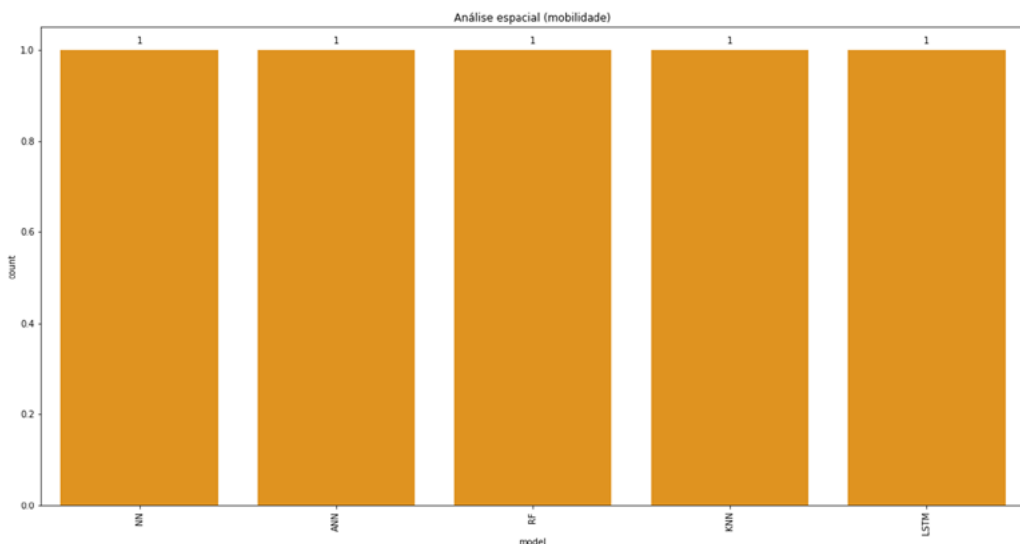
Figura 17 – Emprego de mapas auto-organizáveis para o agrupamento de países (a) e estados (b) em relação à prevalência da Covid-19



Fonte: adaptada de Melin e demais autores (2020).

A Figura 18 sumariza os modelos de IA empregados nos quatro trabalhos selecionados neste estudo, com ênfase para redes neurais artificiais.

Figure 18 – Modelos de IA usados em aplicações de análise espacial



Fonte: elaborada pelos autores.

Outros desfechos

Neste estudo, foram ainda selecionados quatro trabalhos com enfoque na detecção do uso de máscaras (um trabalho), na classificação de risco de pacientes com doenças renais crônicas em relação à COVID-19 (dois trabalhos) e na análise da evolução temporal de marcadores biológicos em testes de Reação em Cadeia da Polimerase (PCR). Os modelos baseados em CNN e árvores de decisão destacam-se dentre esses trabalhos.

Síntese do uso de modelos de IA no contexto da COVID-19

Durante a realização deste estudo, observou-se um número crescente de publicações envolvendo conceitos e modelos de IA aplicados ao contexto da COVID-19. Os critérios de inserção e remoção empregados procuraram garantir que somente trabalhos com resultados de experimentação prática fossem considerados para análise, uma vez que o objetivo foi avaliar o quão confiáveis e eficazes são os modelos de IA nas diferentes aplicações possíveis.

Modelos supervisionados e de aprendizado profundo – especialmente redes neurais – destacam-se dentre o conjunto de modelos observados, uma vez que boa parte das aplicações envolve alguma tarefa de classificação ou estratificação. Alguma variabilidade foi observada nas categorias de modelos preditivos e de diagnóstico baseado em imagem, principalmente devido ao grande número de trabalhos identificados.

O Quadro 3 sumariza as principais informações dos 325 trabalhos selecionados neste estudo, de acordo com os critérios apresentados na Quadro 2.

Quadro 3 – Trabalhos recuperados

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
1	Análise espacial	Measurement method for evaluating the lockdown policies during the COVID-19 pandemic	10.3390/ijerph17155574
2	Análise espacial	Artificial intelligence-empowered mobilization of assessments in COVID-19-like pandemics: A case study for early flattening of the curve	10.3390/ijerph17103437

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
3	Análise espacial	Modified SEIR and AI prediction of the epidemics trend of COVID-19 in China under public health interventions	10.21037/jtd.2020.02.64
4	Análise espacial	Analysis of Spatial Spread Relationships of Coronavirus (COVID-19) Pandemic in the World using Self Organizing Maps	10.1016/j.chaos.2020.109917
5	Análise genômica	Time series prediction of COVID-19 by mutation rate analysis using recurrent neural network-based LSTM model	10.1016/j.chaos.2020.110018
6	Análise genômica	Discovery of Aptamers Targeting the Receptor-Binding Domain of the SARS-CoV-2 Spike Glycoprotein	10.1021/acs.analchem.0c01394
7	Análise genômica	Genomic determinants of pathogenicity in SARS-CoV-2 and other human coronaviruses	10.1073/pnas.2008176117
8	Análise genômica	Knowledge synthesis of 100 million biomedical documents augments the deep expression profiling of coronavirus receptors	10.7554/eLife.58040
9	Análise genômica	Machine learning using intrinsic genomic signatures for rapid classification of novel pathogens: COVID-19 case study	10.1371/journal.pone.0232391
10	Análise genômica	Proteomic and Metabolomic Characterization of COVID-19 Patient Sera	10.1101/2020.04.07.20054585
11	Análise genômica	Upper airway gene expression differentiates COVID-19 from other acute respiratory illnesses and reveals suppression of innate immune responses by SARS-CoV-2	10.1101/2020.05.18.20105171
12	Análise genômica	Smart Pooling: AI-powered COVID-19 testing	10.1101/2020.07.13.20152983
13	Diagnóstico baseado em outros dados	Use of Machine Learning and Artificial Intelligence to predict SARS-CoV-2 infection from Full Blood Counts in a population	10.1016/j.intimp.2020.106705
14	Diagnóstico baseado em outros dados	Detection of COVID-19 Infection from Routine Blood Exams with Machine Learning: A Feasibility Study	10.1007/s10916-020-01597-4

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
15	Diagnóstico baseado em outros dados	Correlation between temperature and COVID-19 (suspected, confirmed and death) cases based on machine learning analysis	10.22207/JPAM.14.SPL1.40
16	Diagnóstico baseado em outros dados	Detection of SARS-CoV-2 in nasal swabs using MALDI-MS	10.1038/s41587-020-0644-7
17	Diagnóstico baseado em outros dados	Exploration on covid-19 data in india using machine learning for prediction of infected and death cases	10.37418/amsj.9.7.26
18	Diagnóstico baseado em outros dados	Hemogram data as a tool for decision-making in COVID-19 management: Applications to resource scarcity scenarios	10.7717/peerj.9482
19	Diagnóstico baseado em outros dados	A Novel Triage Tool of Artificial Intelligence Assisted Diagnosis Aid System for Suspected COVID-19 pneumonia In Fever Clinics	10.1101/2020.03.19.20039099
20	Diagnóstico baseado em outros dados	Rapid and accurate identification of COVID-19 infection through machine learning based on clinical available blood test results	10.1101/2020.04.02.20051136
21	Diagnóstico baseado em outros dados	COVID-19 diagnosis prediction in emergency care patients: a machine learning approach	10.1101/2020.04.04.20052092
22	Diagnóstico baseado em outros dados	A novel specific artificial intelligence-based method to identify COVID-19 cases using simple blood exams	10.1101/2020.04.10.20061036
23	Diagnóstico baseado em outros dados	Early prediction of mortality risk among severe COVID-19 patients using machine learning	10.1101/2020.04.13.20064329
24	Diagnóstico baseado em outros dados	Detection of COVID-19 Infection from Routine Blood Exams with Machine Learning: a Feasibility Study	10.1101/2020.04.22.20075143
25	Diagnóstico baseado em outros dados	COVID-19 diagnosis prediction by symptoms of tested individuals: a machine learning approach	10.1101/2020.05.07.20093948

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
26	Diagnóstico baseado em outros dados	Hemogram Data as a Tool for Decision-making in COVID-19 Management: Applications to Resource Scarcity Scenarios	10.1101/2020.05.09.20096818
27	Diagnóstico baseado em outros dados	Heg.IA: An intelligent system to support diagnosis of Covid-19 based on blood tests	10.1101/2020.05.14.20102533
28	Diagnóstico baseado em outros dados	COVID-19 Outcomes in 4712 consecutively confirmed SARS-CoV2 cases in the city of Madrid.	10.1101/2020.05.22.20109850
29	Diagnóstico baseado em outros dados	Predictive usefulness of PCR testing in different patterns of Covid-19 symptomatology - Analysis of a French cohort of 12,810 outpatients	10.1101/2020.06.07.20124438
30	Diagnóstico baseado em outros dados	Symptom clusters in Covid19: A potential clinical prediction tool from the COVID Symptoma study app	10.1101/2020.06.12.20129056
31	Diagnóstico baseado em outros dados	Covid-19 rapid test by combining a random forest based web system and blood tests	10.1101/2020.06.12.20129866
32	Diagnóstico baseado em outros dados	Using Machine Learning of Clinical Data to Diagnose COVID-19	10.1101/2020.06.24.20138859
33	Diagnóstico baseado em outros dados	ESTIMATING UNDERDIAGNOSIS OF COVID-19 WITH NOWCASTING AND MACHINE LEARNING: EXPERIENCE FROM BRAZIL	10.1101/2020.07.01.20144402
34	Diagnóstico baseado em outros dados	Covid-19 automated diagnosis and risk assessment through Metabolomics and Machine-Learning	10.1101/2020.07.24.20161828
35	Diagnóstico baseado em outros dados	Severity detection for the coronavirus disease 2019 (COVID-19) patients using a machine learning model based on the blood and urine tests	10.1101/2020.07.27.20044990
36	Diagnóstico baseado em outros dados	A machine learning explanation of the pathogen-immune relationship of SARS-CoV-2 and machine learning models of prognostic biomarkers to predict asymptomatic or symptomatic infections	10.1101/2020.07.27.20162867

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
37	Diagnóstico baseado em outros dados	A diagnostic genomic signal processing (GSP)-based system for automatic feature analysis and detection of COVID-19	10.1093/bib/bbaa170
38	Diagnóstico baseado em outros dados	Detection of Respiratory Infections using RGB-infrared sensors on Portable Device	10.1109/JSEN.2020.3004568
39	Diagnóstico baseado em outros dados	Adversarial Examples – Security Threats to COVID-19 Deep Learning Systems in Medical IoT Devices	10.1109/JIOT.2020.3013710
40	Diagnóstico baseado em imagem	Comparing different deep learning architectures for classification of chest radiographs	10.1038/s41598-020-70479-z
41	Diagnóstico baseado em imagem	Artificial intelligence for the detection of COVID-19 pneumonia on chest CT using multinational datasets	10.1038/s41467-020-17971-2
42	Diagnóstico baseado em imagem	Diagnosis and detection of infected tissue of COVID-19 patients based on lung x-ray image using convolutional neural network approaches	10.1016/j.chaos.2020.110170
43	Diagnóstico baseado em imagem	CoroNet: A deep neural network for detection and diagnosis of COVID-19 from chest x-ray images	10.1016/j.cmpb.2020.105581
44	Diagnóstico baseado em imagem	Data science and the role of Artificial Intelligence in achieving the fast diagnosis of Covid-19	10.1016/j.chaos.2020.110182
45	Diagnóstico baseado em imagem	Recognition of COVID-19 disease from X-ray images by hybrid model consisting of 2D curvelet transform, chaotic salp swarm algorithm and deep learning technique	10.1016/j.chaos.2020.110071
46	Diagnóstico baseado em imagem	Application of deep learning for fast detection of COVID-19 in X-Rays using nCOVnet	10.1016/j.chaos.2020.109944
47	Diagnóstico baseado em imagem	Deep Learning COVID-19 Features on CXR Using Limited Training Data Sets	10.1109/TMI.2020.2993291

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
48	Diagnóstico baseado em imagem	Relational Modeling for Robust and Efficient Pulmonary Lobe Segmentation in CT Scans	10.1109/TMI.2020.2995108
49	Diagnóstico baseado em imagem	Diagnosis of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) With Structured Latent Multi-View Representation Learning	10.1109/TMI.2020.2992546
50	Diagnóstico baseado em imagem	Deep learning COVID-19 detection bias: accuracy through artificial intelligence	10.1007/s00264-020-04609-7
51	Diagnóstico baseado em imagem	Using Artificial Intelligence to Detect COVID-19 and Community-acquired Pneumonia Based on Pulmonary CT: Evaluation of the Diagnostic Accuracy	10.1148/radiol.2020200905
52	Diagnóstico baseado em imagem	Artificial intelligence-enabled rapid diagnosis of patients with COVID-19	10.1038/s41591-020-0931-3
53	Diagnóstico baseado em imagem	A fully automatic deep learning system for COVID-19 diagnostic and prognostic analysis	10.1183/13993003.00775-2020
54	Diagnóstico baseado em imagem	A Rapid, Accurate and Machine-Agnostic Segmentation and Quantification Method for CT-Based COVID-19 Diagnosis	10.1109/TMI.2020.3001810
55	Diagnóstico baseado em imagem	Deep Learning for Classification and Localization of COVID-19 Markers in Point-of-Care Lung Ultrasound	10.1109/TMI.2020.2994459
56	Diagnóstico baseado em imagem	A Noise-robust Framework for Automatic Segmentation of COVID-19	10.1109/TMI.2020.3000314
57	Diagnóstico baseado em imagem	Deploying Machine and Deep Learning Models for Efficient Data-Augmented Detection of COVID-19 Infections	10.3390/v12070769
58	Diagnóstico baseado em imagem	Deep Learning-Based Decision-Tree Classifier for COVID-19 Diagnosis From Chest X-ray Imaging	10.3389/fmed.2020.00427

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
59	Diagnóstico baseado em imagem	Classification of COVID-19 patients from chest CT images using multi-objective differential evolution-based convolutional neural networks	10.1007/s10096-020-03901-z
60	Diagnóstico baseado em imagem	CovXNet: A multi-dilation convolutional neural network for automatic COVID-19 and other pneumonia detection from chest X-ray images with transferable multi-receptive feature optimization	10.1016/j.combiomed.2020.103869
61	Diagnóstico baseado em imagem	Deep learning system for COVID-19 diagnosis aid using X-ray pulmonary images	10.3390/app10134640
62	Diagnóstico baseado em imagem	COVIDiagnosis-Net: Deep Bayes-SqueezeNet based diagnosis of the coronavirus disease 2019 (COVID-19) from X-ray images	10.1016/j.mehy.2020.109761
63	Diagnóstico baseado em imagem	CT radiomics can help screen the Coronavirus disease 2019 (COVID-19): a preliminary study	10.1007/s11432-020-2849-3
64	Diagnóstico baseado em imagem	Deep learning-based multi-view fusion model for screening 2019 novel coronavirus pneumonia: A multicentre study	10.1016/j.ejrad.2020.109041
65	Diagnóstico baseado em imagem	A deep learning based hybrid approach for covid-19 disease detections	10.18280/ts.370313
66	Diagnóstico baseado em imagem	Weakly labeled data augmentation for deep learning: A study on COVID-19 detection in chest X-rays	10.3390/diagnostics10060358
67	Diagnóstico baseado em imagem	Covid-19: automatic detection from X-ray images utilizing transfer learning with convolutional neural networks	10.1007/s13246-020-00865-4
68	Diagnóstico baseado em imagem	Extracting Possibly Representative COVID-19 Biomarkers from X-ray Images with Deep Learning Approach and Image Data Related to Pulmonary Diseases	10.1007/s40846-020-00529-4

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
69	Diagnóstico baseado em imagem	Application of deep learning technique to manage COVID-19 in routine clinical practice using CT images: Results of 10 convolutional neural networks	10.1016/j.compbimed.2020.103795
70	Diagnóstico baseado em imagem	COVID-19 pneumonia diagnosis using a simple 2d deep learning framework with a single chest CT image: Model development and validation	10.2196/19569
71	Diagnóstico baseado em imagem	Automated detection of COVID-19 cases using deep neural networks with X-ray images	10.1016/j.compbimed.2020.103792
72	Diagnóstico baseado em imagem	WisdomNet: Prognosis of COVID-19 with slender prospect of false negative cases and vaticinating the probability of maturation to ards using posteroanterior chest X-Rays	10.22207/JPAM.14.SPL1.24
73	Diagnóstico baseado em imagem	COVID-19 on the Chest Radiograph: A Multi-Reader Evaluation of an AI System	10.1148/radiol.2020201874
74	Diagnóstico baseado em imagem	Classification of Covid-19 coronavirus, pneumonia and healthy lungs in CT scans using Q-deformed entropy and deep learning features	10.3390/e22050517
75	Diagnóstico baseado em imagem	Within the lack of chest COVID-19 X-ray dataset: A novel detection model based on GAN and deep transfer learning	10.3390/SYM12040651
76	Diagnóstico baseado em imagem	COVID faster R-CNN: A novel framework to Diagnose Novel Coronavirus Disease (COVID-19) in X-Ray images	10.1016/j.imu.2020.100405
77	Diagnóstico baseado em imagem	Deep learning system to screen coronavirus disease 2019 pneumonia	10.1007/s10489-020-01714-3
78	Diagnóstico baseado em imagem	A modified deep convolutional neural network for detecting COVID-19 and pneumonia from chest X-ray images based on the concatenation of Xception and ResNet50V2	10.1016/j.imu.2020.100360

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
79	Diagnóstico baseado em imagem	Non-Invasive Technique-Based Novel Corona(COVID-19) Virus Detection Using CNN	10.1007/s40009-020-01009-8
80	Diagnóstico baseado em imagem	Classification of the COVID-19 infected patients using DenseNet201 based deep transfer learning	10.1080/07391102.2020.1788642
81	Diagnóstico baseado em imagem	GoogleNet CNN neural network towards chest CT-coronavirus medical image classification	10.3844/JCSP.2020.620.625
82	Diagnóstico baseado em imagem	Deep transfer learning artificial intelligence accurately stages COVID-19 lung disease severity on portable chest radiographs	10.1371/journal.pone.0236621
83	Diagnóstico baseado em imagem	Can AI Help in Screening Viral and COVID-19 Pneumonia?	10.1109/ACCESS.2020.3010287
84	Diagnóstico baseado em imagem	Performance evaluation of the NASnet convolutional network in the automatic identification of COVID-19	10.18517/ijaseit.10.2.11446
85	Diagnóstico baseado em imagem	Detection of COVID-19 chest x-ray using support vector machine and convolutional neural network	10.28919/cmbn/4765
86	Diagnóstico baseado em imagem	Discovering Unknown Diseases with Explainable Automated Medical Imaging	10.1007/978-3-030-52791-4_27
87	Diagnóstico baseado em imagem	Iteratively Pruned Deep Learning Ensembles for COVID-19 Detection in Chest X-Rays	10.1109/ACCESS.2020.3003810
88	Diagnóstico baseado em imagem	CovidGAN: Data Augmentation Using Auxiliary Classifier GAN for Improved Covid-19 Detection	10.1109/ACCESS.2020.2994762
89	Diagnóstico baseado em imagem	Truncated inception net: COVID-19 outbreak screening using chest X-rays	10.1007/s13246-020-00888-x

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
90	Diagnóstico baseado em imagem	Efficient gan-based chest radiographs (CXR) augmentation to diagnose coronavirus disease pneumonia	10.7150/ijms.46684
91	Diagnóstico baseado em imagem	Social Group Optimization-Assisted Kapur's Entropy and Morphological Segmentation for Automated Detection of COVID-19 Infection from Computed Tomography Images	10.1007/s12559-020-09751-3
92	Diagnóstico baseado em imagem	Automated detection and quantification of COVID-19 pneumonia: CT imaging analysis by a deep learning-based software	10.1007/s00259-020-04953-1
93	Diagnóstico baseado em imagem	A Deep Learning System to Screen Novel Coronavirus Disease 2019 Pneumonia	10.1016/j.eng.2020.04.010
94	Diagnóstico baseado em imagem	Dynamic evolution of COVID-19 on chest computed tomography: experience from Jiangsu Province of China	10.1007/s00330-020-06976-6
95	Diagnóstico baseado em imagem	Using X-ray images and deep learning for automated detection of coronavirus disease	10.1080/07391102.2020.1767212
96	Diagnóstico baseado em imagem	Drawing insights from COVID-19-infected patients using CT scan images and machine learning techniques: a study on 200 patients	10.1007/s11356-020-10133-3
97	Diagnóstico baseado em imagem	A deep learning approach to characterize 2019 coronavirus disease (COVID-19) pneumonia in chest CT images	10.1007/s00330-020-07044-9
98	Diagnóstico baseado em imagem	From community-acquired pneumonia to COVID-19: a deep learning-based method for quantitative analysis of COVID-19 on thick-section CT scans	10.1007/s00330-020-07042-x
99	Diagnóstico baseado em imagem	Chest CT for triage during COVID-19 on the emergency department: myth or truth?	10.1007/s10140-020-01821-1
100	Diagnóstico baseado em imagem	Automated quantification of COVID-19 severity and progression using chest CT images	10.1007/s00330-020-07156-2

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
101	Diagnóstico baseado em imagem	Weakly Supervised Deep Learning for COVID-19 Infection Detection and Classification from CT Images	10.1109/ACCESS.2020.3005510
102	Diagnóstico baseado em imagem	Setting up an easy-to-use machine learning pipeline for medical decision support: A case study for COVID-19 diagnosis based on deep learning with CT scans	10.3233/SHTI200481
103	Diagnóstico baseado em imagem	SARS n-CoV2-19 detection from chest x-ray images using deep neural networks	10.1108/IJPCC-06-2020-0060
104	Diagnóstico baseado em imagem	Detection of coronavirus disease (COVID-19) based on deep features and support vector machine	10.33889/IJMEMS.2020.5.4.052
105	Diagnóstico baseado em imagem	A deep learning algorithm using CT images to screen for Corona Virus Disease (COVID-19)	10.1101/2020.02.14.20023028
106	Diagnóstico baseado em imagem	Deep learning Enables Accurate Diagnosis of Novel Coronavirus (COVID-19) with CT images	10.1101/2020.02.23.20026930
107	Diagnóstico baseado em imagem	Deep learning-based model for detecting 2019 novel coronavirus pneumonia on high-resolution computed tomography: a prospective study	10.1101/2020.02.25.20021568
108	Diagnóstico baseado em imagem	Machine learning-based CT radiomics model for predicting hospital stay in patients with pneumonia associated with SARS-CoV-2 infection: A multicenter study	10.1101/2020.02.29.20029603
109	Diagnóstico baseado em imagem	Deep Learning-based Detection for COVID-19 from Chest CT using Weak Label	10.1101/2020.03.12.20027185
110	Diagnóstico baseado em imagem	AI-assisted CT imaging analysis for COVID-19 screening: Building and deploying a medical AI system in four weeks	10.1101/2020.03.19.20039354
111	Diagnóstico baseado em imagem	Development and Evaluation of an AI System for COVID-19 Diagnosis	10.1101/2020.03.20.20039834

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
112	Diagnóstico baseado em imagem	A Fully Automatic Deep Learning System for COVID-19 Diagnostic and Prognostic Analysis	10.1101/2020.03.24.20042317
113	Diagnóstico baseado em imagem	Improved deep learning model for differentiating novel coronavirus pneumonia and influenza pneumonia	10.1101/2020.03.24.20043117
114	Diagnóstico baseado em imagem	The diagnostic evaluation of Convolutional NeuralNetwork (CNN) for the assessment of chest X-ray ofpatients infected with COVID-19	10.1101/2020.03.26.20044610
115	Diagnóstico baseado em imagem	Deep Learning-Based Recognizing COVID-19 and other Common Infectious Diseases of the Lung by Chest CT Scan Images	10.1101/2020.03.28.20046045
116	Diagnóstico baseado em imagem	Classification of COVID-19 in chest X-ray images using DeTraC deep convolutional neural network	10.1101/2020.03.30.20047456
117	Diagnóstico baseado em imagem	Classification of Coronavirus Images using Shrunk Features	10.1101/2020.04.03.20048868
118	Diagnóstico baseado em imagem	Artificial intelligence applied on chest X-ray can aid in the diagnosis of COVID-19 infection: a first experience from Lombardy, Italy	10.1101/2020.04.08.20040907
119	Diagnóstico baseado em imagem	Improving Coronavirus (COVID-19) Diagnosis using Deep Transfer Learning	10.1101/2020.04.11.20054643
120	Diagnóstico baseado em imagem	Artificial intelligence-enabled rapid diagnosis of COVID-19 patients	10.1101/2020.04.12.20062661
121	Diagnóstico baseado em imagem	Accurate Prediction of COVID-19 using Chest X-Ray Images through Deep Feature Learning model with SMOTE and Machine Learning Classifiers	10.1101/2020.04.13.20063461
122	Diagnóstico baseado em imagem	CoroNet: A Deep Network Architecture for Semi-Supervised Task-Based Identification of COVID-19 from Chest X-ray Images	10.1101/2020.04.14.20065722

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
123	Diagnóstico baseado em imagem	Diagnosis and Prediction Model for COVID19 Patients Response to Treatment based on Convolutional Neural Networks and Whale Optimization Algorithm Using CT Images	10.1101/2020.04.16.20063990
124	Diagnóstico baseado em imagem	Multi-task Deep Learning Based CT Imaging Analysis For COVID-19: Classification and Segmentation	10.1101/2020.04.16.20064709
125	Diagnóstico baseado em imagem	Holistic AI-Driven Quantification, Staging and Prognosis of COVID-19 Pneumonia	10.1101/2020.04.17.20069187
126	Diagnóstico baseado em imagem	From Community Acquired Pneumonia to COVID-19: A Deep Learning Based Method for Quantitative Analysis of COVID-19 on thick-section CT Scans	10.1101/2020.04.17.20070219
127	Diagnóstico baseado em imagem	A web-based Diagnostic Tool for COVID-19 Using Machine Learning on Chest Radiographs (CXR)	10.1101/2020.04.21.20063263
128	Diagnóstico baseado em imagem	SARS-CoV-2 CT-scan dataset: A large dataset of real patients CT scans for SARS-CoV-2 identification	10.1101/2020.04.24.20078584
129	Diagnóstico baseado em imagem	Automated Diagnosis of COVID-19 Using Deep Learning and Data Augmentation on Chest CT	10.1101/2020.04.24.20078998
130	Diagnóstico baseado em imagem	Distinguishing L and H phenotypes of COVID-19 using a single x-ray image	10.1101/2020.04.27.20081984
131	Diagnóstico baseado em imagem	TRACKING AND PREDICTING COVID-19 RADIOLOGICAL TRAJECTORY USING DEEP LEARNING ON CHEST X-RAYS: INITIAL ACCURACY TESTING	10.1101/2020.05.01.20086207
132	Diagnóstico baseado em imagem	Classification of COVID-19 from Chest X-ray images using Deep Convolutional Neural Networks	10.1101/2020.05.01.20088211

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
133	Diagnóstico baseado em imagem	ai-corona: Radiologist-Assistant Deep Learning Framework for COVID-19 Diagnosis in Chest CT Scans	10.1101/2020.05.04.20082081
134	Diagnóstico baseado em imagem	Deep Learning for Screening COVID-19 using Chest X-Ray Images	10.1101/2020.05.04.20090423
135	Diagnóstico baseado em imagem	MantisCOVID: Rapid X-Ray Chest Radiograph and Mortality Rate Evaluation With Artificial Intelligence For COVID-19	10.1101/2020.05.04.20090779
136	Diagnóstico baseado em imagem	Training deep learning algorithms with weakly labeled pneumonia chest X-ray data for COVID-19 detection	10.1101/2020.05.04.20090803
137	Diagnóstico baseado em imagem	AI based Chest X-Ray (CXR) Scan Texture Analysis Algorithm for Digital Test of COVID-19 Patients	10.1101/2020.05.05.20091561
138	Diagnóstico baseado em imagem	Deep learning models for COVID-19 infected area segmentation in CT images	10.1101/2020.05.08.20094664
139	Diagnóstico baseado em imagem	COVID-Classifer: An automated machine learning model to assist in the diagnosis of COVID-19 infection in chest x-ray images	10.1101/2020.05.09.20096560
140	Diagnóstico baseado em imagem	A collaborative online AI engine for CT-based COVID-19 diagnosis	10.1101/2020.05.10.20096073
141	Diagnóstico baseado em imagem	Automatic Detection of COVID-19 Infection from Chest X-ray using Deep Learning	10.1101/2020.05.10.20097063
142	Diagnóstico baseado em imagem	Assisting Scalable Diagnosis Automatically via CT Images in the Combat against COVID-19	10.1101/2020.05.11.20093732
143	Diagnóstico baseado em imagem	Online COVID-19 diagnosis with chest CT images: Lesion-attention deep neural networks	10.1101/2020.05.11.20097907

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
144	Diagnóstico baseado em imagem	Problems of Deploying CNN Transfer Learning to Detect COVID-19 from Chest X-rays	10.1101/2020.05.12.20098954
145	Diagnóstico baseado em imagem	The Evaluation of Deep Neural Networks and X-Ray as a Practical Alternative for Diagnosis and Management of COVID-19	10.1101/2020.05.12.20099481
146	Diagnóstico baseado em imagem	Deep Transfer Learning-based COVID-19 prediction using Chest X-rays	10.1101/2020.05.12.20099937
147	Diagnóstico baseado em imagem	COVID Faster R-CNN: A Novel Framework to Diagnose Novel Coronavirus Disease (COVID-19) in X-Ray Images	10.1101/2020.05.14.20101873
148	Diagnóstico baseado em imagem	AI-based multi-modal integration of clinical characteristics, lab tests and chest CTs improves COVID-19 outcome prediction of hospitalized patients	10.1101/2020.05.14.20101972
149	Diagnóstico baseado em imagem	Interpretable Artificial Intelligence for COVID-19 Diagnosis from Chest CT Reveals Specificity of Ground-Glass Opacities	10.1101/2020.05.16.20103408
150	Diagnóstico baseado em imagem	Automated assessment of COVID-19 pulmonary disease severity on chest radiographs using convolutional Siamese neural networks	10.1101/2020.05.20.20108159
151	Diagnóstico baseado em imagem	Using Artificial Intelligence for COVID-19 Chest X-ray Diagnosis	10.1101/2020.05.21.20106518
152	Diagnóstico baseado em imagem	COVID-19 detection from chest X-Ray images using Deep Learning and Convolutional Neural Networks	10.1101/2020.05.22.20110817
153	Diagnóstico baseado em imagem	AIDCOV: An Interpretable Artificial Intelligence Model for Detection of COVID-19 from Chest Radiography Images	10.1101/2020.05.24.20111922
154	Diagnóstico baseado em imagem	A chest radiography-based artificial intelligence deep-learning model to predict severe Covid-19 patient outcomes: the CAPE (Covid-19 AI Predictive Engine) Model	10.1101/2020.05.25.20113084

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
155	Diagnóstico baseado em imagem	Differentiating COVID-19 from other types of pneumonia with convolutional neural networks	10.1101/2020.05.26.20113761
156	Diagnóstico baseado em imagem	Automatic Detection of COVID-19 and Pneumonia from Chest X-Ray using Transfer Learning	10.1101/2020.05.27.20100297
157	Diagnóstico baseado em imagem	Early Detection of Coronavirus Cases Using Chest X-ray Images Employing Machine Learning and Deep Learning Approaches	10.1101/2020.06.07.20124594
158	Diagnóstico baseado em imagem	A Fully Automated Deep Learning-based Network For Detecting COVID-19 from a New And Large Lung CT Scan Dataset	10.1101/2020.06.08.20121541
159	Diagnóstico baseado em imagem	Benchmarking Deep Learning Models and Automated Model Design for COVID-19 Detection with Chest CT Scans	10.1101/2020.06.08.20125963
160	Diagnóstico baseado em imagem	Improving effectiveness of different deep learning-based models for detecting COVID-19 from computed tomography (CT) images	10.1101/2020.06.12.20129643
161	Diagnóstico baseado em imagem	A Combined Deep CNN-LSTM Network for the Detection of Novel Coronavirus (COVID-19) Using X-ray Images	10.1101/2020.06.18.20134718
162	Diagnóstico baseado em imagem	Chest X-ray classification using Deep learning for automated COVID-19 screening	10.1101/2020.06.21.20136598
163	Diagnóstico baseado em imagem	A Multi-Task Pipeline with Specialized Streams for Classification and Segmentation of Infection Manifestations in COVID-19 Scans	10.1101/2020.06.24.20139238
164	Diagnóstico baseado em imagem	An Automatic Computer-Based Method for Fast and Accurate Covid-19 Diagnosis	10.1101/2020.07.02.20136721
165	Diagnóstico baseado em imagem	COVIDPEN: A Novel COVID-19 Detection Model using Chest X-Rays and CT Scans	10.1101/2020.07.08.20149161

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
166	Diagnóstico baseado em imagem	ReCoNet: Multi-level Preprocessing of Chest X-rays for COVID-19 Detection Using Convolutional Neural Networks	10.1101/2020.07.11.20149112
167	Diagnóstico baseado em imagem	Diagnosis of COVID-19 using CT scan images and deep learning techniques	10.1101/2020.07.11.20151332
168	Diagnóstico baseado em imagem	A Quantitative Lung Computed Tomography Image Feature for Multi-Center Severity Assessment of COVID-19	10.1101/2020.07.13.20152231
169	Diagnóstico baseado em imagem	Computer-aided covid-19 patient screening using chest images (X-Ray and CT scans)	10.1101/2020.07.16.20155093
170	Diagnóstico baseado em imagem	Artificial Intelligence Augmentation of Radiologist Performance in Distinguishing COVID-19 from Pneumonia of Other Origin at Chest CT	10.1148/radiol.2020201491
171	Diagnóstico baseado em imagem	A review on the use of artificial intelligence for medical imaging of the lungs of patients with coronavirus disease 2019	10.5152/dir.2019.20294
172	Diagnóstico baseado em imagem	Deep learning for detecting corona virus disease 2019 (COVID-19) on high-resolution computed tomography: a pilot study	10.21037/atm.2020.03.132
173	Diagnóstico baseado em imagem	Relational Modeling for Robust and Efficient Pulmonary Lobe Segmentation in CT Scans	10.1109/TMI.2020.2995108
174	Diagnóstico baseado em imagem	Chest CT evaluation of 11 persistent asymptomatic patients with SARS-CoV-2 infection	10.7883/yoken.JJID.2020.264
175	Diagnóstico baseado em imagem	Identification of COVID-19 samples from chest X-Ray images using deep learning: A comparison of transfer learning approaches	10.3233/XST-200715
176	Diagnóstico baseado em imagem	Iteratively Pruned Deep Learning Ensembles for COVID-19 Detection in Chest X-rays	10.1109/access.2020.3003810

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
177	Diagnóstico baseado em imagem	Implementation of a Deep Learning-Based Computer-Aided Detection System for the Interpretation of Chest Radiographs in Patients Suspected for COVID-19	10.3348/kjr.2020.0536
178	Diagnóstico baseado em imagem	A Deep Neural Network to Distinguish COVID-19 from other Chest Diseases using X-ray Images	10.2174/1573405616666200604163954
179	Diagnóstico baseado em imagem	End-to-end automatic differentiation of the coronavirus disease 2019 (COVID-19) from viral pneumonia based on chest CT	10.1007/s00259-020-04929-1
180	Diagnóstico baseado em imagem	Detection of coronavirus disease from X-ray images using deep learning and transfer learning algorithms	10.3233/XST-200720
181	Diagnóstico baseado em imagem	Quantitative analysis of chest CT imaging findings with the risk of ARDS in COVID-19 patients: a preliminary study	10.21037/atm-20-3554
182	Diagnóstico baseado em imagem	Interpretable artificial intelligence framework for COVID-19 screening on chest X-rays	10.3892/etm.2020.8797
183	Diagnóstico baseado em imagem	Automated Assessment of CO-RADS and Chest CT Severity Scores in Patients with Suspected COVID-19 Using Artificial Intelligence	10.1148/radiol.2020202439
184	Diagnóstico baseado em imagem	Machine learning-based CT radiomics method for predicting hospital stay in patients with pneumonia associated with SARS-CoV-2 infection: a multicenter study	10.21037/atm-20-3026
185	Diagnóstico baseado em imagem	Rapid identification of COVID-19 severity in CT scans through classification of deep features	10.1186/s12938-020-00807-x
186	Diagnóstico baseado em imagem	Inf-Net: Automatic COVID-19 Lung Infection Segmentation From CT Images	10.1109/TMI.2020.2996645
187	Diagnóstico baseado em imagem	COVID-19 Detection through Transfer Learning using Multimodal Imaging Data	10.1109/ACCESS.2020.3016780

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
188	Diagnóstico baseado em imagem	A Weakly-Supervised Framework for COVID-19 Classification and Lesion Localization From Chest CT	10.1109/TMI.2020.2995965
189	Diagnóstico baseado em imagem	Deep bidirectional classification model for COVID-19 disease infected patients	10.1109/TCBB.2020.3009859
190	Diagnóstico baseado em imagem	Deep Learning for The Detection of COVID-19 Using Transfer Learning and Model Integration	10.1109/ICEIEC49280.2020.9152329
191	Identificação de padrões e estratificação	Spatial modeling, risk mapping, change detection, and outbreak trend analysis of coronavirus (COVID-19) in Iran (days between February 19 and June 14, 2020)	10.1016/j.ijid.2020.06.058
192	Identificação de padrões e estratificação	A clustering approach to classify italian regions and provinces based on prevalence and trend of sars-cov-2 cases	10.3390/ijerph17155286
193	Identificação de padrões e estratificação	An epidemiological study on the prevalence of the clinical features of SARS-CoV-2 infection in Romanian people	10.3390/ijerph17145082
194	Identificação de padrões e estratificação	Investigating a serious challenge in the sustainable development process: Analysis of confirmed cases of COVID-19 (new type of Coronavirus) through a binary classification using artificial intelligence and regression analysis	10.3390/su12062427
195	Identificação de padrões e estratificação	Any unique image biomarkers associated with COVID-19?	10.1007/s00330-020-06956-w
196	Identificação de padrões e estratificação	Early epidemiological and clinical manifestations of COVID-19 in Japan	10.1101/2020.04.17.20070276
197	Identificação de padrões e estratificação	Augmented Curation of Clinical Notes from a Massive EHR System Reveals Symptoms of Impending COVID-19 Diagnosis	10.1101/2020.04.19.20067660

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
198	Identificação de padrões e estratificação	Countries are Clustered but Number of Tests is not Vital to Predict Global COVID-19 Confirmed Cases: A Machine Learning Approach	10.1101/2020.04.24.20078238
199	Identificação de padrões e estratificação	Assessment of the outbreak risk, mapping and infestation behavior of COVID-19: Application of the autoregressive and moving average (ARMA) and polynomial models	10.1101/2020.04.28.20083998
200	Identificação de padrões e estratificação	Effect of Temperature on the Transmission of COVID-19: A Machine Learning Case Study in Spain	10.1101/2020.05.01.20087759
201	Identificação de padrões e estratificação	Risk stratification of hospitalized COVID-19 patients through comparative studies of laboratory results with influenza	10.1101/2020.05.18.20101709
202	Identificação de padrões e estratificação	Explainable machine learning models to understand determinants of COVID-19 mortality in the United States	10.1101/2020.05.23.20110189
203	Identificação de padrões e estratificação	A Novel Machine Learning-derived Radiomic Signature of the Whole Lung Differentiates Stable From Progressive COVID-19 Infection: A Retrospective Cohort Study	10.1097/RTI.0000000000000544
204	Identificação de padrões e estratificação	-Satellite: An AI-driven System and Benchmark Datasets for Dynamic COVID-19 Risk Assessment in the United States	10.1109/JBHI.2020.3009314
205	Identificação de padrões e estratificação	Identification of COVID-19 Spreaders Using Multiplex Networks Approach	10.1109/ACCESS.2020.3007726
206	Mineração textual	Characterizing the Propagation of Situational Information in Social Media during COVID-19 Epidemic: A Case Study on Weibo	10.1109/TCSS.2020.2980007
207	Mineração textual	COVID-19 Public Sentiment Insights and MachineLearning for Tweets Classification	10.1101/2020.06.01.20119347
208	Mineração textual	Predicting COVID-19 Incidence Through Analysis of Google Trends Data in Iran: Data Mining and Deep Learning Pilot Study	10.2196/18828

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
209	Mineração textual	An AI approach to COVID-19 infection risk assessment in virtual visits: a case report	10.1093/jamia/ocaa105
210	Mineração textual	Deep Sentiment Classification and Topic Discovery on Novel Coronavirus or COVID-19 Online Discussions: NLP Using LSTM Recurrent Neural Network Approach	10.1109/JBHI.2020.3001216
211	Mineração textual	Social Media Data Analytics on Telehealth During the COVID-19 Pandemic	10.7759/cureus.7838
212	Mineração textual	Use of Health Belief Model-Based Deep Learning Classifiers for COVID-19 Social Media Content to Examine Public Perceptions of Physical Distancing: Model Development and Case Study	10.2196/20493
213	Mineração textual	AI Chatbot Design during an Epidemic Like the Novel Coronavirus	10.3390/healthcare8020154
214	Modelos preditivos	Early triage of critically ill COVID-19 patients using deep learning	10.1038/s41467-020-17280-8
215	Modelos preditivos	Deep learning methods for forecasting COVID-19 time-Series data: A Comparative study	10.1016/j.chaos.2020.110121
216	Modelos preditivos	COVID-19 in Italy and extreme data mining	10.1016/j.physa.2020.124991
217	Modelos preditivos	Prediction and analysis of COVID-19 positive cases using deep learning models: A descriptive case study of India	10.1016/j.chaos.2020.110017
218	Modelos preditivos	A multicriteria approach for risk assessment of Covid-19 in urban district lockdown	10.1016/j.ssci.2020.104862
219	Modelos preditivos	Forecasting Brazilian and American COVID-19 cases based on artificial intelligence coupled with climatic exogenous variables	10.1016/j.chaos.2020.110027
220	Modelos preditivos	COVID-19 outbreak: Application of multi-gene genetic programming to country-based prediction models	10.29333/ejgm/8232
221	Modelos preditivos	Partial derivative Nonlinear Global Pandemic Machine Learning prediction of COVID 19	10.1016/j.chaos.2020.110056

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
222	Modelos preditivos	An empirical overview of nonlinearity and overfitting in machine learning using COVID-19 data	10.1016/j.chaos.2020.110055
223	Modelos preditivos	Modeling and prediction of COVID-19 in Mexico applying mathematical and computational models	10.1016/j.chaos.2020.109946
224	Modelos preditivos	Comparative analysis and forecasting of COVID-19 cases in various European countries with ARIMA, NARNN and LSTM approaches	10.1016/j.chaos.2020.110015
225	Modelos preditivos	Mathematical models and deep learning for predicting the number of individuals reported to be infected with SARS-CoV-2	10.1098/rsif.2020.0494
226	Modelos preditivos	Risk of a second wave of Covid-19 infections: using artificial intelligence to investigate stringency of physical distancing policies in North America	10.1007/s00264-020-04653-3
227	Modelos preditivos	Analysis of clinical features and imaging signs of COVID-19 with the assistance of artificial intelligence	10.26355/eurrev_202008_22510
228	Modelos preditivos	Forecasting covid-19 dynamics in brazil: A data driven approach	10.3390/ijerph17145115
229	Modelos preditivos	Predicting COVID-19 in China Using Hybrid AI Model	10.1109/TCYB.2020.2990162
230	Modelos preditivos	Artificial neural network modeling of novel coronavirus (COVID-19) incidence rates across the continental United States	10.3390/ijerph17124204
231	Modelos preditivos	Time series forecasting of COVID-19 transmission in Canada using LSTM networks	10.1016/j.chaos.2020.109864
232	Modelos preditivos	Prioritizing and analyzing the role of climate and urban parameters in the confirmed cases of COVID-19 based on artificial intelligence applications	10.3390/ijerph17103730
233	Modelos preditivos	Towards an artificial intelligence framework for data-driven prediction of coronavirus clinical severity	10.32604/cmc.2020.010691

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
234	Modelos preditivos	Tourism demand and the COVID-19 pandemic: an LSTM approach	10.1080/02508281.2020.1777053
235	Modelos preditivos	A classifier prediction model to predict the status of Coronavirus CoVID-19 patients in South Korea	10.26355/eurrev_202003_20709
236	Modelos preditivos	A Machine Learning Model Reveals Older Age and Delayed Hospitalization as Predictors of Mortality in Patients with COVID-19	10.1101/2020.03.25.20043331
237	Modelos preditivos	Predicting Mortality Risk in Patients with COVID-19 Using Artificial Intelligence to Help Medical Decision-Making	10.1101/2020.03.30.20047308
238	Modelos preditivos	COVID-19 Epidemic Analysis using Machine Learning and Deep Learning Algorithms	10.1101/2020.04.08.20057679
239	Modelos preditivos	Forecasting Covid-19 Outbreak Progression in Italian Regions: A model based on neural network training from Chinese data	10.1101/2020.04.09.20059055
240	Modelos preditivos	Predicting the epidemic curve of the coronavirus (SARS-CoV-2) disease (COVID-19) using artificial intelligence	10.1101/2020.04.17.20069666
241	Modelos preditivos	COVID-19 Asymptomatic Infection Estimation	10.1101/2020.04.19.20068072
242	Modelos preditivos	Machine Learning to Predict Mortality and Critical Events in COVID-19 Positive New York City Patients	10.1101/2020.04.26.20073411
243	Modelos preditivos	Preparedness and Mitigation by projecting the risk against COVID-19 transmission using Machine Learning Techniques	10.1101/2020.04.26.20080655
244	Modelos preditivos	Predicting community mortality risk due to CoVID-19 using machine learning and development of a prediction tool	10.1101/2020.04.27.20081794
245	Modelos preditivos	Using Supervised Machine Learning and Empirical Bayesian Kriging to reveal Correlates and Patterns of COVID-19 Disease outbreak in sub-Saharan Africa: Exploratory Data Analysis	10.1101/2020.04.27.20082057

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
246	Modelos preditivos	Novel Spatiotemporal Feature Extraction Parallel Deep Neural Network for Forecasting Confirmed Cases of Coronavirus Disease 2019	10.1101/2020.04.30.20086538
247	Modelos preditivos	COVID-19 Pandemic Prediction for Hungary; a Hybrid Machine Learning Approach	10.1101/2020.05.02.20088427
248	Modelos preditivos	Spread of Covid-19 in the United States is controlled	10.1101/2020.05.04.20091272
249	Modelos preditivos	A Novel Intervention Recurrent autoencoder for real time forecasting and non-pharmaceutical intervention selection to curb the spread of Covid-19 in the world	10.1101/2020.05.05.20091827
250	Modelos preditivos	ProgNet: Covid-19 prognosis using recurrent and convolutional neural networks	10.1101/2020.05.06.20092874
251	Modelos preditivos	Development and validation of the COVID-19 severity index (CSI): a prognostic tool for early respiratory decompensation	10.1101/2020.05.07.20094573
252	Modelos preditivos	Machine learning model estimating number of COVID-19 infection cases over coming 24 days in every province of South Korea (XGBoost and MultiOutputRegressor)	10.1101/2020.05.10.20097527
253	Modelos preditivos	Forecasting Covid-19 dynamics in Brazil: a data driven approach	10.1101/2020.05.11.20098392
254	Modelos preditivos	Predicting the COVID-19 positive cases in India with concern to Lockdown by using Mathematical and Machine Learning based Models	10.1101/2020.05.16.20104133
255	Modelos preditivos	An Interpretable Machine Learning Framework for Accurate Severe vs Non-severe COVID-19 Clinical Type Classification	10.1101/2020.05.18.20105841
256	Modelos preditivos	Early risk assessment for COVID-19 patients from emergency department data using machine learning	10.1101/2020.05.19.20086488
257	Modelos preditivos	Clinical predictors of COVID-19 mortality	10.1101/2020.05.19.20103036

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
258	Modelos preditivos	MACHINE LEARNING PREDICTION FOR COVID 19 PANDEMIC IN INDIA	10.1101/2020.05.20.20107847
259	Modelos preditivos	Worldwide and Regional Forecasting of Coronavirus (Covid-19) Spread using a Deep Learning Model	10.1101/2020.05.23.20111039
260	Modelos preditivos	COVID-Net: A deep learning based and interpretable predication model for the county-wise trajectories of COVID-19 in the United States	10.1101/2020.05.26.20113787
261	Modelos preditivos	Machine learning in predicting respiratory failure in patients with COVID-19 pneumonia - challenges, strengths, and opportunities in a global health emergency	10.1101/2020.05.30.20107888
262	Modelos preditivos	Development and Prospective Validation of a Transparent Deep Learning Algorithm for Predicting Need for Mechanical Ventilation	10.1101/2020.05.30.20118109
263	Modelos preditivos	A prediction model based on machine learning for diagnosing the early COVID-19 patients	10.1101/2020.06.03.20120881
264	Modelos preditivos	Deep Learning and Holt-Trend Algorithms for predicting COVID-19 pandemic	10.1101/2020.06.03.20121590
265	Modelos preditivos	A Machine Learning Explanation of Incidence Inequalities of SARS-CoV-2 Across 88 Days in 157 Countries	10.1101/2020.06.06.20124529
266	Modelos preditivos	Tracking and Classifying Global COVID-19 Cases by using 1D Deep Convolution Neural Network	10.1101/2020.06.09.20126565
267	Modelos preditivos	Identifying novel factors associated with COVID-19 transmission and fatality using the machine learning approach	10.1101/2020.06.10.20127472
268	Modelos preditivos	COVID-19 Deaths: Which Explanatory Variables Matter the Most?	10.1101/2020.06.11.20129007
269	Modelos preditivos	An interpretable mortality prediction model for COVID-19 patients - alternative approach	10.1101/2020.06.14.20130732
270	Modelos preditivos	Routine laboratory blood tests predict SARS-CoV-2 infection using machine learning	10.1101/2020.06.17.20133892

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
271	Modelos preditivos	Predicting the disease outcome in COVID-19 positive patients through Machine Learning: a retrospective cohort study with Brazilian data	10.1101/2020.06.26.20140764
272	Modelos preditivos	Forecasting COVID-19 cases using Machine Learning models	10.1101/2020.07.02.20145474
273	Modelos preditivos	COVID-19 Mortality Risk Assessment: An International Multi-Center Study	10.1101/2020.07.07.20148304
274	Modelos preditivos	Recurrent Neural Reinforcement Learning for Counterfactual Evaluation of Public Health Interventions on the Spread of Covid-19 in the world	10.1101/2020.07.08.20149146
275	Modelos preditivos	A Recurrent Neural Network and Differential Equation Based Spatiotemporal Infectious Disease Model with Application to COVID-19	10.1101/2020.07.20.20158568
276	Modelos preditivos	Alternative Approaches for Modelling COVID-19: High-Accuracy Low-Data Predictions	10.1101/2020.07.22.20159731
277	Modelos preditivos	Eleven Routine Clinical Features Predict COVID-19 Severity	10.1101/2020.07.28.20163022
278	Modelos preditivos	Using the spike protein feature to predict infection risk and monitor the evolutionary dynamic of coronavirus	10.1186/s40249-020-00649-8
279	Modelos preditivos	Development and validation of prognosis model of mortality risk in patients with COVID-19	10.1017/S0950268820001727
280	Modelos preditivos	Innovative use of artificial intelligence and digital communication in acute stroke pathway in response to COVID-19	10.7861/fhj.2020-0034
281	Modelos preditivos	Early Stage Machine Learning Based Prediction of US County Vulnerability to the COVID-19 Pandemic	10.2196/19446
282	Modelos preditivos	Statistical Explorations and Univariate Timeseries Analysis on COVID-19 Datasets to Understand the Trend of Disease Spreading and Death	10.3390/s20113089
283	Modelos preditivos	Short-term forecasting COVID-19 cumulative confirmed cases: Perspectives for Brazil	10.1016/j.chaos.2020.109853

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
284	Modelos preditivos	Multiple Ensemble Neural Network Models with Fuzzy Response Aggregation for Predicting COVID-19 Time Series: The Case of Mexico	10.3390/healthcare8020181
285	Modelos preditivos	COVID-19 Patient Health Prediction Using Boosted Random Forest Algorithm	10.3389/fpubh.2020.00357
286	Monitoramento de contato e rastreamento	Pervasive computing in the context of COVID-19 prediction with AI-based algorithms	10.1108/IJPCC-07-2020-0082
287	Monitoramento de contato e rastreamento	Learning from Large-Scale Wearable Device Data for Predicting Epidemics Trend of COVID-19	10.1155/2020/6152041
288	Monitoramento de contato e rastreamento	A Novel Deep Convolutional Neural Network Model to Monitor People following Guidelines to Avoid COVID-19	10.1155/2020/8856801
289	Monitoramento de contato e rastreamento	Modeling the Spread of COVID-19 Infection Using a Multilayer Perceptron	10.1155/2020/5714714
290	Monitoramento de contato e rastreamento	Machine learning and statistical modelling for prediction of Novel COVID-19 patients case study: Jordan	10.14569/IJACSA.2020.0110518
291	Monitoramento de contato e rastreamento	Predicting COVID-19 malignant progression with AI techniques	10.1101/2020.03.20.20037325
292	Monitoramento de contato e rastreamento	Quantifying the effect of quarantine control in Covid-19 infectious spread using machine learning	10.1101/2020.04.03.20052084
293	Monitoramento de contato e rastreamento	Experience with Social Distancing Early in the COVID-19 Pandemic in the United States: Implications for Public Health Messaging	10.1101/2020.04.08.20057067
294	Monitoramento de contato e rastreamento	COVID-19 Infection Forecasting based on Deep Learning in Iran	10.1101/2020.05.16.20104182
295	Outros desfechos	Application of a Novel and Improved VGG-19 Network in the Detection of Workers Wearing Masks	10.1088/1742-6596/1518/1/012041

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
296	Outros desfechos	Acute Kidney Injury in Hospitalized Patients with COVID-19	10.1101/2020.05.04.20090944
297	Outros desfechos	Longitudinal laboratory testing tied to PCR diagnostics in COVID-19 patients reveals temporal evolution of distinctive coagulopathy signatures	10.1101/2020.05.21.20109439
298	Outros desfechos	Artificial Intelligence for COVID-19 Risk Classification in Kidney Disease: Can Technology Unmask an Unseen Disease?	10.1101/2020.06.15.20131680
299	Pesquisa de fármacos e vacinas	Deep Learning Based Drug Screening for Novel Coronavirus 2019-nCov	10.1007/s12539-020-00376-6
300	Pesquisa de fármacos e vacinas	Rapid Identification of Potential Inhibitors of SARS-CoV-2 Main Protease by Deep Docking of 1.3 Billion Compounds	10.1002/minf.202000028
301	Pesquisa de fármacos e vacinas	Predicting novel drugs for SARS-CoV-2 using machine learning from a >10 million chemical space	10.1016/j.heliyon.2020.e04639
302	Pesquisa de fármacos e vacinas	Repositioning of 8565 Existing Drugs for COVID-19	10.1021/acs.jpcllett.0c01579
303	Pesquisa de fármacos e vacinas	Predictive modeling by deep learning, virtual screening and molecular dynamics study of natural compounds against SARS-CoV-2 main protease	10.1080/07391102.2020.1802341
304	Pesquisa de fármacos e vacinas	Repurposing Therapeutics for COVID-19: Rapid Prediction of Commercially available drugs through Machine Learning and Docking	10.1101/2020.04.05.20054254
305	Pesquisa de fármacos e vacinas	Screening of Therapeutic Agents for COVID-19 Using Machine Learning and Ensemble Docking Studies	10.1021/acs.jpcllett.0c02278
306	Pesquisa de fármacos e vacinas	Advanced bioinformatics rapidly identifies existing therapeutics for patients with coronavirus disease-2019 (COVID-19)	10.1186/s12967-020-02430-9

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
307	Pesquisa de fármacos e vacinas	Shape-based Machine Learning Models for the potential Novel COVID-19 protease inhibitors assisted by Molecular Dynamics Simulation	10.2174/1568026620666200704135327
308	Pesquisa de fármacos e vacinas	Repurpose Open Data to Discover Therapeutics for COVID-19 Using Deep Learning	10.1021/acs.jproteome.0c00316
309	Pesquisa de fármacos e vacinas	Computational analysis of microRNA-mediated interactions in SARS-CoV-2 infection	10.7717/peerj.9369
310	Pesquisa de fármacos e vacinas	A deep learning framework for high-throughput mechanism-driven phenotype compound screening	10.1101/2020.07.19.211235
311	Triagem hospitalar	Helping doctors hasten COVID-19 treatment: Towards a rescue framework for the transfusion of best convalescent plasma to the most critical patients based on biological requirements via ml and novel MCDM methods	10.1016/j.cmpb.2020.105617
312	Triagem hospitalar	Prediction of respiratory decompensation in Covid-19 patients using machine learning: The READY trial	10.1016/j.compbio.2020.103949
313	Triagem hospitalar	Development and Validation of a Deep Learning-Based Model Using Computed Tomography Imaging for Predicting Disease Severity of Coronavirus Disease 2019	10.3389/fbioe.2020.00898
314	Triagem hospitalar	Severity Detection for the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Patients Using a Machine Learning Model Based on the Blood and Urine Tests	10.3389/fcell.2020.00683
315	Triagem hospitalar	Proteomic and Metabolomic Characterization of COVID-19 Patient Sera	10.1016/j.cell.2020.05.032
316	Triagem hospitalar	Augmented curation of clinical notes from a massive EHR system reveals symptoms of impending COVID-19 diagnosis	10.7554/eLife.58227
317	Triagem hospitalar	A neural network aided real-time hospital recommendation system	10.17509/ijost.v5i2.24585

ID	Categoria de aplicação	Título	DOI
318	Triagem hospitalar	Development of a Clinical Decision Support System for Severity Risk Prediction and Triage of COVID-19 Patients at Hospital Admission: an International Multicenter Study	10.1101/2020.05.01.20053413
319	Triagem hospitalar	Intensive care risk estimation in COVID-19 pneumonia based on clinical and imaging parameters: experiences from the Munich cohort	10.1101/2020.05.04.20076349
320	Triagem hospitalar	CLINICAL CHARACTERISTICS AND PROGNOSTIC FACTORS FOR ICU ADMISSION OF PATIENTS WITH COVID-19 USING MACHINE LEARNING AND NATURAL LANGUAGE PROCESSING	10.1101/2020.05.22.20109959
321	Triagem hospitalar	Artificial intelligence driven assessment of routinely collected healthcare data is an effective screening test for COVID-19 in patients presenting to hospital	10.1101/2020.07.07.20148361
322	Triagem hospitalar	Development of a severity of disease score and classification model by machine learning for hospitalized COVID-19 patients	10.1101/2020.07.13.20150177
323	Triagem hospitalar	Prognostic modelling of COVID-19 using artificial intelligence in a UK population	10.2196/20259
324	Triagem hospitalar	Using Machine Learning to Predict ICU Transfer in Hospitalized COVID-19 Patients	10.3390/jcm9061668
325	Triagem hospitalar	Development of a Clinical Decision Support System for Severity Risk Prediction and Triage of COVID-19 Patients at Hospital Admission: an International Multicenter Study	10.1183/13993003.01104-2020

Fonte: elaborado pelos autores.

Referências

ERTEL, W. *Introduction to artificial intelligence*. 2nd.ed. London: Springer, 2017.

GOODFELLOW, I.; BENGIO, Y.; COURVILLE, A. *Deep learning*. Cambridge: The MIT Press, 2016.

HARKO, T.; LOBO, F. S. N.; MAK, M. K. Exact analytical solutions of the Susceptible-Infected-Recovered (SIR) epidemic model and of the SIR model with equal death and birth rates. *Applied Mathematics and Computation*, New York, n. 236, p. 184-194, 2014, doi:10.1016/j.amc.2014.03.030

JURAFSKY, D.; MARTIN, J. *Speech and language processing: an introduction to natural language processing, computational linguistics, and speech recognition*. 2nd ed. New York: Prentice Hall, 2008.

KHAN, A.; SHAH, J.; BHAT, M. CoroNet: a deep neural network for detection and diagnosis of COVID-19 from chest X-ray images. *Computer Methods and Programs in Biomedicine, Limerick*, v. 196, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2020.105581>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169260720314140?via%3Dihub>. Acesso em: 20 jul. 2020.

KOWALEWSKI, J.; RAY, A. Predicting novel drugs for SARS-CoV-2 using machine learning from a >10 million chemical space. *Heliyon*, London, v. 6, n. 8, p. E04639, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04639>. Disponível em: [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(20\)31483-3?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844020314833%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(20)31483-3?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844020314833%3Fshowall%3Dtrue). Acesso em: 20 jul. 2020.

MELIN, P. *et al.* Analysis of spatial spread relationships of Coronavirus (COVID-19) pandemic in the world using self-organizing maps. *Chaos, Solitons & Fractals*, Oxford, v. 138, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.109917>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960077920303179?via%3Dihub>. Acesso em: 20 jul. 2020.

NG, A. *AI for everyone*. 2020. Disponível em: <https://www.deeplearning.ai/ai-for-everyone>. Acesso em: 20 jul.2020.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. *Artificial intelligence: a modern approach*. 4th. ed. New York: Pearson, 2020.

SAMUEL, Jim *et al.* COVID-19 public sentiment insights and machine learning for tweets classification. *MedRxiv*, [s. l.], 2020. DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.06.01.20119347>. Disponível em: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.06.01.20119347v1>. Acesso em: 20 jul. 2020.